

Fassung
Oktober 2013

Programm

RX-HOLZ 2

Brettschichtholzträger, Durchlaufträger, Stützen, Rahmen, Koppelpfetten und Verbände nach DIN 1052 und Eurocode 5

Programm-Beschreibung

© Dlubal Software GmbH
Am Zellweg 2 D-93464 Tiefenbach

Tel.: +49 (0) 9673 9203-0
Fax: +49 (0) 9673 9203-51
E-Mail: info@dlubal.com
Web: www.dlubal.de



Inhalt



Inhalt



Inhalt



1. Einleitung

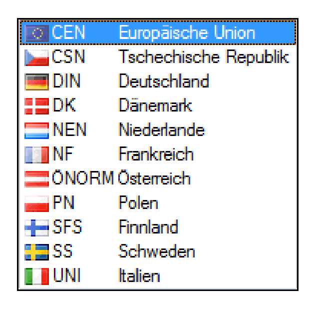
1.1 Über RX-HOLZ

Die Programmfamilie RX-HOLZ aus dem Hause DLUBAL ist auf den Ingenieurholzbau abgestimmt. Mit den Programmen dieses Pakets lassen sich Brettschichtholzträger, Durchlaufträger, Stützen, Rahmen, Pfetten und Aussteifungsverbände bemessen. Die maßgebenden Ergebniskombinationen werden dabei automatisch mit dem Modul RF-KOMBI erzeugt, das in RX-HOLZ integriert ist.

In allen RX-HOLZ-Programmen lassen sich die Nachweise der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit führen. Die Bemessung kann nach diesen Holzbaunormen erfolgen:

- **EN 1995-1-1:2004-11**
- **DIN 1052:2008-12**

Zusätzlich ist der Brandschutznachweis nach EN 1995-1-2 oder DIN 4102 Teil 22 möglich.



Nationale Anhänge für EC 5

Für EN 1995-1-1:2004 stehen verschiedene Nationale Anwendungsdokumente zur Auswahl. Die links dargestellte Liste der verfügbaren Nationalen Anhänge wird ständig erweitert.

RX-HOLZ Brettschichtholzträger

Das Programm eignet sich für die Bemessung weitgespannter BSH-Träger. Folgende Trägerarten können nachgewiesen werden:

- Parallelträger
- Pultdachträger
- Bogenträger
- Satteldachträger mit geradem Untergurt
- Satteldachträger mit geneigtem Untergurt und konstanter oder veränderlicher Höhe
- Fischbauchträger – parabelförmig oder linear mit Ausrundung

Je nach Trägerart sind Eingabevarianten möglich, die die Berechnung von unsymmetrischen Trägern mit und ohne Kragarmen in verschiedenen Kombinationen gestatten. Zudem können typische Querzugverstärkungen wie z. B. eingeklebte Stahlstangen berücksichtigt werden.

RX-HOLZ Durchlaufträger

Dieses Programm bemisst Mehrfeldträger mit bis zu 20 Feldern und Kragarmen für zweiachsige Biegung. Die Lasten werden automatisch nach DIN 1055-100 oder EN 1990 generiert. Im Programm sind die in den Normen angebotenen Optimierungsmöglichkeiten implementiert. Es können folgende Trägerarten nachgewiesen werden:

- Einfeldträger
- Durchlaufträger
- Gerberträger

Bei allen Trägertypen kann die Lagerung sowohl in x- und z- als auch in y- Richtung definiert werden. Optional lassen sich Momenten- und Querkraftgelenke zuweisen.

RX-HOLZ Stütze

Das Programm führt die Nachweise für Stützen mit rechteckigem oder rundem Querschnitt. Um den Anschluss einer Stütze an einen Dachbinder wirklichkeitsnah abzubilden, können auch elastische Lagerungen für den Stützenkopf und den Stützenfuß definiert werden.



RX-HOLZ Rahmen

Mit diesem Programm lassen sich symmetrische oder unsymmetrische Dreigelenkrahmen bemessen. Als Verbindungsmittel wird eine keilgezinkte Eckverbindung wahlweise mit oder ohne Zwischenstück berechnet. Bei der Eingabe der Geometrie sind Schiefstellung und Seite des Faseranschnitts frei wählbar.

RX-HOLZ Pfette

Das Programm bemisst Koppelpfetten im Dachbereich. Die Bemessung der Kopplungen kann auch deaktiviert werden, um einen reinen Durchlaufträger nachzuweisen (die Trägerhöhe kann jedoch nicht über Vouten an den Momentenverlauf angepasst werden). Über die Wahl der Dachform werden Wind- und Schneelasten genau erfasst. Als Verbindungsmittel sind Nägel, Dübel besonderer Bauart, Schrauben nach dem System WT der Firma SFS oder eine benutzerdefinierte Tragfähigkeit möglich.

RX-HOLZ Verband

Mit diesem Programm wird der Aussteifungsverband eines Dachtragwerks bemessen. Der Verband kann hierzu über drei Dachformen festgelegt und beliebig angepasst werden. Da bei einem Dachverband häufig Stahldiagonalen verwendet werden, stehen in diesem Programm auch Stahlprofile zur Verfügung. Die materiellen Nichtlinearitäten der Zugstäbe werden hierbei genauso wie die Abminderung der Steifigkeit automatisch beim Nachweis der Tragfähigkeit berücksichtigt.

Auf unserer Website www.dlubal.de erhalten Sie stets aktuelle Informationen über die Weiterentwicklung der Programme und über neue Module.

Wir wünschen Ihnen viel Freude und Erfolg mit den Programmen der Familie RX-HOLZ.

Ihr Team von DLUBAL SOFTWARE GMBH

1.2 Firmenprofil

Die 1987 gegründete DLUBAL SOFTWARE GMBH beschäftigt sich mit der Entwicklung von benutzerfreundlichen und leistungsfähigen Programmen für Statik, Dynamik und Bemessung. 1990 siedelte sie sich an ihrem heutigen Standort Tiefenbach in Ostbayern an. Seit 2010 besteht auch eine Zweigstelle in Leipzig.

Der ungebrochene Spaß aller Beteiligten an der Entwicklung und Umsetzung immer neuer Ideen spiegelt sich ebenso deutlich in den Programmen wider wie das Firmencredo, das knapp umrissen „Benutzerfreundlichkeit" lautet. Diese beiden Punkte bilden zusammen mit der fachlichen Kompetenz das Fundament für den in den Jahren gewachsenen Erfolg der ING.-SOFTWARE DLUBAL GMBH.

Die Software ist so konzipiert, dass der Anwender mit Computergrundkenntnissen selbstständig in kürzester Zeit den Umgang mit den leicht erlernbaren Programmen beherrscht. So kann die Firma heute mit einigem Stolz mehr als 7000 Ingenieurbüros, Baufirmen aus unterschiedlichen Sparten und Hochschulen europaweit zu ihren zufriedenen Kunden zählen. Damit das so bleibt, sorgen inzwischen über 100 interne und externe Mitarbeiter für die kontinuierliche Verbesserung und Neuentwicklung der DLUBAL-Programme. Für die alltäglichen Fragen und Probleme steht dem Kunden zudem eine qualifizierte Fax- und E-Mail-Hotline zur Verfügung, die schnell und unkompliziert weiterhilft.

Das ausgezeichnete Preis-Leistungs-Verhältnis der Software in Kombination mit dem Service, den die DLUBAL SOFTWARE GMBH bietet, macht die DLUBAL-Programme zu einem unverzichtbaren Werkzeug für jeden, der in den Bereichen Statik, Dynamik und Bemessung zu tun hat.



1.3 RX-HOLZ Team

Programmkoordination

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Ing. Jiří Hanzálek
Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

Programmierung

Ing. Martin Deyl
Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Tomáš Drtina
Mgr. Jaroslav Krul
Mgr. Jiří Patrák

Programmdesign, Dialogbilder und Icons

Dipl.-Ing. Georg Dlubal
Ing. Jan Miléř
MgA. Robert Kolouch

Programmkontrolle

Ing. Jiří Hanzálek
Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Ing. Vladimír Kabát
Ing. Zdeněk Kodera
Ing. Vladimír Pátý
Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm

Lokalisierung und Handbuch

Ing. Fabio Borriello
Ing. Dmitry Bystrov
Eng.º Rafael Duarte
Ing. Jana Duníková
Ing. Lara Freyer
Alessandra Grosso
Ing. Ladislav Kábrt
Ing. Aleksandra Kociołek
Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Eng.º Nilton Lopes
Ing. Téc. Ind. José Martínez
MA SKT Anton Mitleider
Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker
Mgr. Petra Pokorná
Ing. Michaela Prokopová
Ing. Marcela Svitáková
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Ing. Marcin Wardyn

Technische Unterstützung und Endkontrolle

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel
Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß
Dipl.-Ing. Frank Faulstich
Dipl.-Ing. (FH) René Flori
Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel
Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich
Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn
Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex
M. Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm
M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel
Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

1.4 Gebrauch des Handbuchs

Viele Wege führen zum Ziel. Dieser Grundsatz gilt auch für die Arbeit mit RX-HOLZ. Um der Funktion eines Nachschlagewerks gerecht zu werden, orientiert sich dieses Handbuch an der Reihenfolge und am Aufbau der RX-HOLZ-Programme. In den ersten Kapiteln werden allgemeine Funktionen wie z. B. Dateiverwaltung, Konzept der Masken und Ausdruck beschrieben. Ab Kapitel 10 werden dann die einzelnen Programme anhand von Beispielen vorgestellt.



Im Handbuchtext sind die beschriebenen **Schaltflächen** (Buttons) in eckige Klammern gesetzt, z. B. [Anwenden]. Darüber hinaus sind sie am linken Rand abgebildet. Im Fließtext sind **Begriffe**, die in Dialogen, Tabellen und Menüs erscheinen, in *Kursivschrift* hervorgehoben. Dies soll das Nachvollziehen der Erläuterungen erleichtern.

Am Ende dieses Handbuchs befindet sich ein Index, der das Nachschlagen eines bestimmten Themenbereichs erleichtert. Sollten Sie trotzdem nicht fündig werden, so können Sie die Suchfunktion auf unserer Website www.dlubal.de zur Lösung des Problems nutzen.



2. Installation

2.1 Systemanforderungen

Folgende Mindestvoraussetzungen sollten für die Nutzung von RX-HOLZ erfüllt sein:

- Betriebssystem Windows XP/Vista/7/8
- X86-Prozessor mit 2 GHz
- 2 GB RAM
- DVD-ROM-Laufwerk für die Installation (alternativ ist die Installation über Netzwerk möglich)
- 10 GB Gesamtfestplattenkapazität, davon zirka 1 GB für die Installation
- Grafikkarte mit OpenGL Beschleunigung und einer Auflösung von 1024 x 768 Pixel, wobei von Onboard-Lösungen und Shared-Memory-Technologien abgeraten wird



RX-HOLZ wird nicht von Windows 95/98/Me/NT/2000, Linux, Mac OS oder Serverbetriebssystemen unterstützt.

Mit Ausnahme des Betriebssystems sprechen wir bewusst keine Produktempfehlungen aus, da RX-HOLZ grundsätzlich auf allen Systemen läuft, die die genannten Leistungsanforderungen erfüllen. Um RX-HOLZ rechenintensiv zu nutzen, gilt natürlich das Prinzip „je mehr, desto besser".

2.2 Installationsvorgang

Die Programmfamilie **RX-HOLZ** wird auf einer DVD namens *Stand-Alone Applications* geliefert. Diese DVD enthält die eigenständig lauffähigen Programme RX-HOLZ, KRANBAHN, VERBUND-TR und FE-BEUL. Die Installation von RX-HOLZ umfasst alle Module, die in der RX-HOLZ-Produktpalette verfügbar sind.

Ehe Sie RX-HOLZ installieren, schließen Sie bitte die im Hintergrund geöffneten Anwendungen.



Beachten Sie bitte, dass Sie für die Installation als Administrator angemeldet sein müssen bzw. Administratorrechte besitzen. Für die spätere Arbeit mit RX-HOLZ sind dann Benutzerrechte ausreichend. Eine genaue Anleitung finden Sie im Benutzerrechte-Video auf unserer Website.



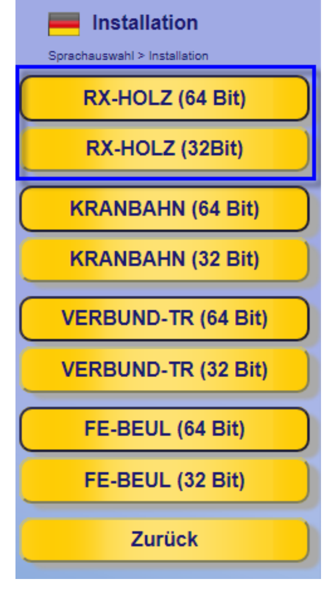
2.2.1 Installation von der DVD

Auf der Rückseite der DVD-Hülle finden Sie eine Installationsanleitung.

- Legen Sie die DVD in Ihr DVD-ROM-Laufwerk.
- Die Installationsroutine startet automatisch. Sollte dies unterbleiben, ist vermutlich die *autorun*-Funktion deaktiviert. Starten Sie in diesem Fall die Datei *setup.exe* auf der DVD über den Explorer oder geben Sie im Startmenü-Eingabefeld den Befehl ‚*D':\setup.exe* ein (‚*D*' bezeichnet den Laufwerksbuchstaben Ihres DVD-Laufwerks).
- Wählen Sie im Startdialog die Sprache aus.



Bild 2.1: Sprache auswählen



Installation auswählen

- Legen Sie im nächsten Dialog die Programmversion fest (*64Bit* oder *32Bit*).
- Folgen Sie den Anweisungen des *Installation Wizard*.

Schließen Sie den Dongle erst nach Abschluss der Installation an einer USB-Schnittstelle des Computers an. Der Dongletreiber wird dann automatisch installiert.

Die DVD enthält auch Installationshinweise und das RX-HOLZ-Handbuch im PDF-Format. Zum Betrachten benötigen Sie den Acrobat Reader, den Sie von der DVD installieren können.

RX-HOLZ als Voll- oder Testversion

Wenn Sie nach der erfolgreichen Installation das Programm zum ersten Mal starten, müssen Sie festlegen, ob Sie RX-HOLZ als Vollversion oder als 30-tägige Testversion nutzen möchten.

Für die Lauffähigkeit als Vollversion benötigen Sie einen Dongle (Hardlock) und eine Autorisierungsdatei *Author.ini*. Der Dongle ist ein Stecker, der an einem USB-Anschluss des Computers anzubringen ist; die Autorisierungsdatei enthält codierte Informationen für Ihre Lizenz(en). In der Regel senden wir Ihnen die Datei *Author.ini* in einer E-Mail zu. Auch über das Extranet auf www.dlubal.de haben Sie Zugang zu Ihrer Autorisierungsdatei. Speichern Sie diese *Author.ini* auf Ihrem Rechner, einem USB-Stick oder im Netzwerk.

Die Autorisierungsdatei wird für jeden Arbeitsplatz benötigt. Sie können die Datei beliebig oft kopieren. Sollte jedoch der Inhalt geändert werden, wird sie zur Autorisierung unbrauchbar.



Die RX-HOLZ-Vollversion kann als *Softlock*-Lizenz auch ohne Dongle betrieben werden.



2.2.2 Installation im Netzwerk

Lokale Lizenzen

Die Installation kann von einem beliebigen Laufwerk Ihres Computers oder eines Netzwerkrechners gestartet werden. Kopieren Sie dazu den Inhalt der DVD in den geeigneten Ordner. Starten Sie dann vom Zielrechner aus die Datei *setup.exe*. Im weiteren Ablauf besteht kein Unterschied zur Installation von der DVD.

Netzwerklizenzen

Auch bei Netzwerklizenzen ist das Programm zunächst wie beschrieben auf den Workstations zu installieren. Die Lizenzen werden dann durch den SRM-Netzwerkdongle freigegeben. Eine Anleitung auf unserer Website gibt detaillierte Hinweise zur Installation des Netzwerkdongles.

2.2.3 Installation von Updates und weiteren Modulen

Auf der DVD befindet sich das komplette RX-HOLZ-Programmpaket sowie andere Programme. Beim Kauf eines weiteren Moduls erhalten Sie nicht unbedingt eine neue DVD, auf jeden Fall aber eine neue Autorisierungsdatei *Author.ini*. Über das RX-HOLZ-Menü *Hilfe → Autorisierungsdatei einlesen* können Sie die Autorisierung ohne Neuinstallation aktualisieren.

Beim Update innerhalb einer Versionsreihe (z. B. **2.02**.xxxx) werden die alten Programmdateien entfernt und durch neue ersetzt. Ihre Projektdaten bleiben natürlich erhalten! Beim Update auf die nächste Versionsreihe (z. B. **2.03**.xxxx) wird die neue Version parallel installiert (siehe unten).



Wenn Sie eigendefinierte Druckköpfe nutzen, sollten Sie diese vor einem Update sichern. Die Druckköpfe werden üblicherweise in der Datei **DlubalProtocolConfig.cfg** im allgemeinen Stammdatenordner *C:\ProgramData\Dlubal\Stammdat* abgelegt. Bei einem Update wird diese Datei nicht überschrieben; eine Sicherungsdatei kann trotzdem von Vorteil sein.

Ebenso sollten Sie vor einem Update Ihre Musterprotokolle sichern. Diese werden in der Datei **RFEMProtocolConfig.cfg** im Ordner *C:\ProgramData\Dlubal\RX-TIMBER 2.xx\General Data* gespeichert.

Die im Projektmanager verknüpften Projekte werden in der ASCII-Datei **PRO.DLP** verwaltet, die sich standardmäßig im Ordner *C:\ProgramData\Dlubal\ProMan* befindet (siehe Bild 4.19, Seite 25). Wenn Sie RX-HOLZ vor einem Update deinstallieren möchten, sollten Sie vorher auch diese Datei sichern.

2.2.4 Parallelinstallationen von RX-HOLZ

RX-HOLZ 1 und die einzelnen Versionsreihen von RX-HOLZ 2 können parallel auf dem Rechner betrieben werden, da die Programmdateien in verschiedenen Verzeichnissen liegen. Die Standardordner sind bei einem 64-Bit-Betriebssystem:

- RX-HOLZ 1: C:\Programme (x86)\Dlubal\RX-HOLZ1
- RX-HOLZ 2.01: C:\Programme\Dlubal\RX-TIMBER 2.01
- RX-HOLZ 2.02: C:\Programme\Dlubal\RX-TIMBER 2.02
- RX-HOLZ 2.03: C:\Programme\Dlubal\RX-TIMBER 2.03

Modelle, die mit RX-HOLZ 1erstellte wurden, lassen sich in RX-HOLZ 2 öffnen und weiter bearbeiten. Die RX-HOLZ 1-Modelle werden beim Speichern in RX-HOLZ 2 nicht überschrieben, da die Programme verschiedene Dateiendungen benutzen: RX-HOLZ 1 speichert die Daten im Format *.**rh1** ab, RX-HOLZ 2 im Format *.**rh2**.

RX-HOLZ verwendet den Rechenkern von RFEM. Das Programm wird jedoch unabhängig von RFEM installiert und ist somit auch unabhängig von einer vorhandenen RFEM-Installation.



Ein mit RX-HOLZ erstelltes Modell kann auch mit RFEM oder RSTAB geöffnet werden.



3. Grundsätze für RX-HOLZ

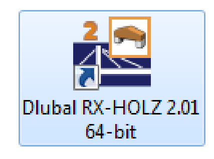
3.1 Einschränkungen

Für die Arbeit mit RX-HOLZ sind folgende Anmerkungen zu beachten. Damit lässt sich verhindern, dass Automatismen in RX-HOLZ angenommen werden, die nicht gegeben sind.

Das Konzept der Software beruht auf dem Grundsatz, unnötige Eingaben zu vermeiden. Die Definition von Schnee- und Windlasten ist daher durch integrierte Lastgenerierer so weit wie möglich vereinfacht. Dabei lassen sich aber nicht alle Variationsmöglichkeiten abfangen. Es müssen folgende Punkte berücksichtigen werden:

- Bei der Lastgenerierung wird von einer allseits geschlossenen Halle ausgegangen. Windlasten aus Unterwind bei einseitig offenen Hallen können über die Option *Durchlässige Wände* berücksichtigt werden.
- Anwehungen und Abrutschungen von Schneelasten sind manuell zu definieren.
- Im Programm **BSH** werden keine Horizontallasten aus Wind und Erdbeben auf den Giebel generiert.
- Die Windbelastung im Programm **DLT** wird immer für den maximal möglichen Wert der Belastung ermittelt. Hierfür wird stets der maximal und minimal belastete Bereich der jeweiligen Geometrie ermittelt.

3.2 RX-HOLZ starten





Das Programm wird über das Windows-Startmenü oder das Dlubal-Icon auf dem Desktop gestartet.

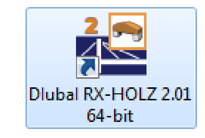
Die Dateiverwaltung mit dem Projektmanager ist im folgenden Kapitel 4 erläutert.

Nach dem Anlegen eines neuen Modells oder dem Doppelklicken eines Modells im Projektmanager startet das relevante RX-HOLZ-Modul automatisch.



4. Dateiverwaltung

Dieses Kapitel beschreibt, wie die Daten mit dem Projektmanager organisiert werden. Ferner werden die in RX-HOLZ integrierten Schnittstellen zu anderen Programmen vorgestellt, die zum Importieren und Exportieren von Daten genutzt werden können.



Nach dem Programmstart über das Windows-Startmenü oder das RX-HOLZ-Icon erscheint der Projektmanager. Dort können neue Modelle angelegt oder bereits vorhandene Dateien geöffnet werden.

Die einzelnen RX-HOLZ-Module sind über den Projektmanager zugänglich.



4.1 Projektmanager

In statischen Berechnungen ist ein Projekt meist in mehrere Modelle untergliedert. Der programminterne *Projektmanager* hilft, die Daten aller Dlubal-Anwendungen zu organisieren. Der Projektmanager kann auch für die netzwerkinterne Verwaltung von Modellen genutzt werden (siehe Kapitel 4.3, Seite 27).

Der Projektmanager kann als eigenständige Anwendung im Hintergrund geöffnet bleiben, während in RX-HOLZ gearbeitet wird.

Nach dem Aufruf erscheint das mehrteilige Fenster des Projektmanagers. Dieses Fenster hat ein eigenes Menü und eine eigene Symbolleiste.

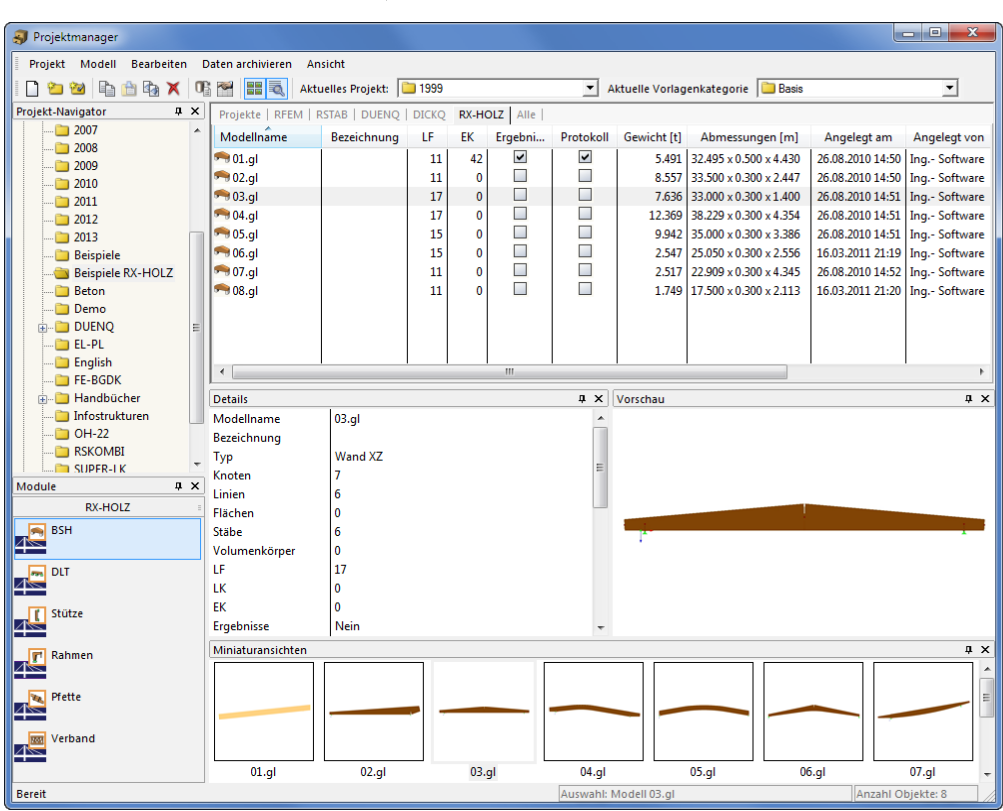


Bild 4.1: Projektmanager

Projekte-Navigator

Links wird ein Navigator mit der Baumstruktur aller Projekte angezeigt. Das aktuelle Projekt ist fett gekennzeichnet. Um ein anderes Projekt als aktuell zu setzen, wird dieses doppelgeklickt oder in der Symbolleisten-Liste *Aktuelles Projekt* eingestellt. Rechts neben dem Navigator sind die im selektierten Projekt enthaltenen Modelle tabellarisch aufgelistet.



RX-HOLZ-Module

Unterhalb des Projekte-Navigators werden alle RX-HOLZ-Programme angezeigt. Sie stellen eine Filtermöglichkeit dar, um nur die Modelle anzuzeigen, die zu einem bestimmten Programm gehören.

Wählt man hier z. B. *BSH*, so erscheinen in der rechten Fensterhälfte nur die Modelldateien, die mit dem Programm *RX-HOLZ Brettschichtholzträger* erstellt wurden. Durch Rechtsklicken eines Moduls kann ein neues Modell in diesem Programm angelegt werden.

Tabelle der Modelle

Die Modelle sind in verschiedenen Registern nach Dlubal-Anwendungen geordnet. Das Register *RX-HOLZ* listet alle RX-HOLZ-Modelle auf, die im selektierten Projekt enthalten sind. Es werden jeweils der *Modellname*, die *Bezeichnung*, wichtige Modell- und Dateiinformationen einschließlich Namen des Erstellers und Bearbeiters angegeben.



Die angezeigten Spalten können über Menü **Ansicht** → **Spalten bearbeiten** oder die zugeordnete Schaltfläche angepasst werden (siehe Seite 23).

Details

In diesem Fensterabschnitt werden alle verfügbaren Informationen zum Modell angegeben, das im Abschnitt oben selektiert ist.

Vorschau

Das selektierte Modell wird als Vorschau angezeigt. Die Größe dieses Vorschaufensters lässt sich durch Verschieben des oberen Randes anpassen.

Miniaturansichten

Der untere Bereich des Projektmanagers bietet eine grafische Übersicht über die Modelle, die im selektierten Projekt enthalten sind. Die Miniaturbilder wirken interaktiv mit der Tabelle oberhalb.



Über die Pins ist es möglich, bestimmte Fensterabschnitte zu minimieren. Sie werden dann in der Fußleiste als Register angedockt.



4.1.1 Projektverwaltung

Neues Projekt anlegen

Ein neues Projekt wird anlegt mit

- dem Menü **Projekt** → **Neu**
- der Schaltfläche [Neues Projekt] in der Symbolleiste.

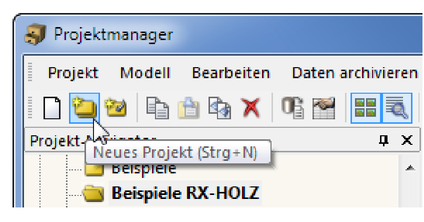


Bild 4.2: Schaltfläche *Neues Projekt*



In einem Dialog sind der *Name* des Projekts sowie der *Dateiordner* festzulegen, in dem die Modelle gespeichert werden sollen. Über die [Suchen]-Schaltfläche kann der Verzeichnispfad eingestellt werden. Die *Bezeichnung* dient optional als kurze Projektbeschreibung. Diese erscheint in der Kopfzeile des Ausdruckprotokolls; sie hat sonst keine weitere Bedeutung.





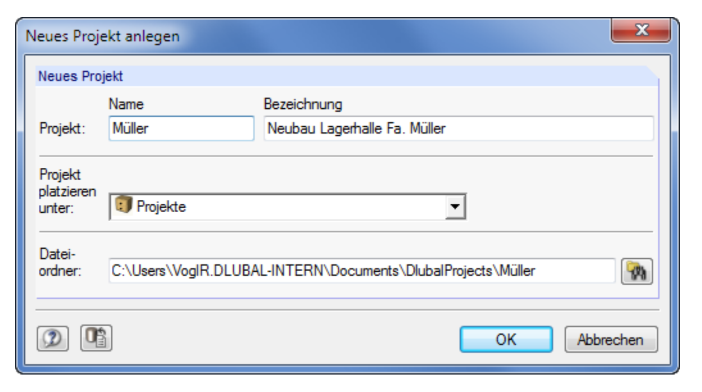
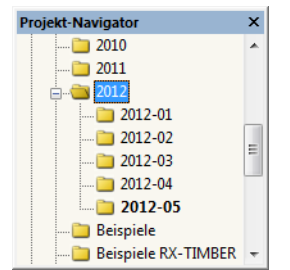


Bild 4.3: Dialog *Neues Projekt anlegen*



Im Projektmanager können auch Unterprojekte angelegt werden, indem man ein vorhandenes Projekt in der Liste *Projekt platzieren unter* auswählt. Das neue Projekt wird dann im Navigator als Unterprojekt geführt. Ist dies nicht gewünscht, so ist in der Liste der übergeordnete Eintrag *Projekte* zu wählen. Das Projekt erscheint dann im Navigator als Haupteintrag.

Nach [OK] wird ein neuer Dateiordner mit dem Projektnamen auf der Festplatte oder einem Netzlaufwerk angelegt.

Vorhandenen Dateiordner verknüpfen

Ein Ordner, der bereits RX-HOLZ-Modelle enthält, kann als Projekt eingebunden werden mit

- dem Menü **Projekt** → **Mit Dateiordner verknüpfen**
- der Schaltfläche [Projekt mit Dateiordner verknüpfen] in der Symbolleiste.

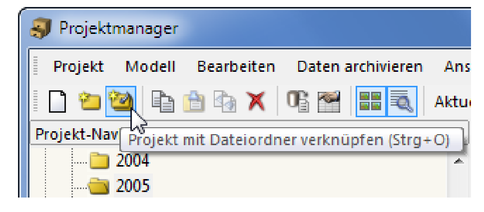


Bild 4.4: Schaltfläche *Projekt mit Dateiordner verknüpfen*

Es spielt keine Rolle, in welchem Ordner der Festplatte oder des Netzwerks sich das Projekt befindet. Es wird in die programminterne Verwaltung aufgenommen und am Standort belassen – vergleichbar einer Verknüpfung auf dem Desktop. Die Informationen werden in der ASCII-Datei **PRO.DLP** im Ordner **ProMan** gespeichert (siehe Kapitel 4.1.4.3, Seite 25).



Es öffnet sich ein Dialog, der nach dem gleichen Konzept wie im Bild 4.3 gezeigt funktioniert. Es sind *Name* und *Bezeichnung* des Projekts einzutragen und mit [Suchen] der Pfad für den relevanten *Dateiordner* einzustellen. Wird in der Liste *Projekt platzieren unter* ein Projekt vorgegeben, muss sich der zu verknüpfende Dateiordner im Verzeichnis dieses Projekts befinden. Er wird dann als Unterprojekt verwaltet. Soll aber der Dateiordner im Projektmanager als eigenständiges Projekt erscheinen, ist in der Liste der übergeordnete Eintrag *Projekte* zu wählen.

Mit der Option *Dateiordner mit allen Unterordnern verknüpfen* können sämtliche Ordner, die sich in dem gewählten Dateiordner befinden, auf einmal in die Verwaltung des Projektmanagers eingebunden werden.





Dateiordner trennen

Die Einbindung eines Ordners in die Projektverwaltung wird aufgehoben mit dem

- Menü **Projekt** → **Verknüpfung mit Dateiordner trennen** (zuvor Projekt selektieren)
- Kontextmenü des Projekts im Navigator.

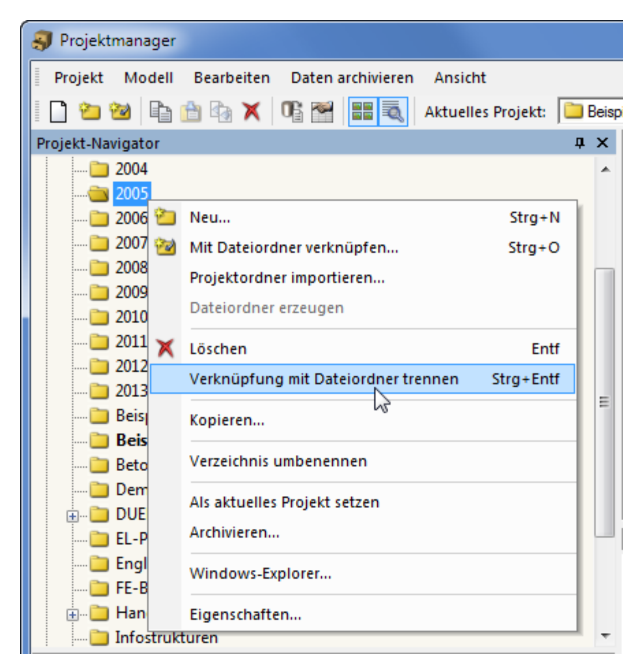


Bild 4.5: Kontextmenü eines Projekts



Das Projekt wird nur aus der internen Verwaltung entfernt. Der Ordner auf der Festplatte und sein Inhalt bleiben erhalten.

Projekt löschen



Ein Projekt wird gelöscht mit

- dem Menü **Projekt** → **Löschen** (zuvor Projekt selektieren)
- der Schaltfläche [Löschen] in der Symbolleiste
- dem Kontextmenü des Projekts im Navigator (siehe Bild oben).

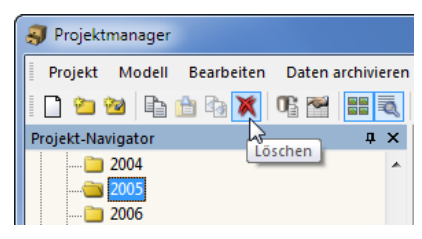


Bild 4.6: Schaltfläche *Löschen*

Der Ordner auf der Festplatte wird mitsamt Inhalt gelöscht.

Sollten sich in diesem Ordner auch Dateien anderer Programme befinden, werden nur die Dateien der Dlubal-Anwendungen gelöscht und der Ordner bleibt erhalten.



Das Löschen von Projekten kann rückgängig gemacht werden über Menü

Bearbeiten → **Aus dem Dlubal-Papierkorb wiederherstellen**.

Der Dlubal-Papierkorb ist im Kapitel 4.1.4.2 auf Seite 24 beschrieben.



Falls Dateien gelöscht werden, die auf einem Netzlaufwerk liegen, werden entgegen dem Windows-Standard (die Daten sind unwiederbringlich verloren) die gelöschten Dateien über das Netzwerk auf die Festplatte in den Dlubal-Papierkorb kopiert. Somit können Dateien, die auf Netzlaufwerken gelöscht wurden, vom betreffenden Rechner aus wiederhergestellt werden. Ist dies nicht gewünscht, sollte das Projekt lediglich getrennt werden (siehe oben). Anschließend können die Daten manuell vom Netzlaufwerk gelöscht werden.

Projekt kopieren

Ein Projekt kann kopiert werden über

- das Menü **Projekt** → **Kopieren** (zuvor Projekt selektieren)
- den Kontextmenü-Eintrag **Kopieren** des Projekts im Navigator (siehe Bild 4.5).

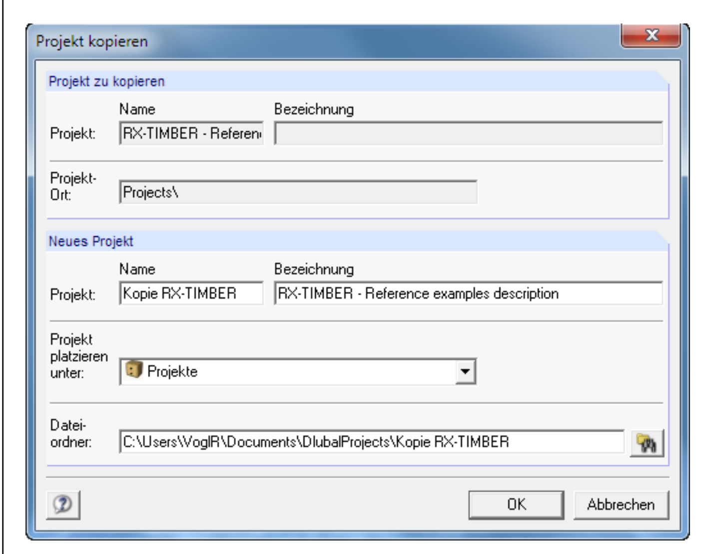


Bild 4.7: Dialog *Projekt kopieren*

Es sind *Name*, *Bezeichnung* und Ort des neuen Projekts im Projektmanager anzugeben sowie der *Dateiordner* festzulegen, der beim Kopieren erstellt wird.

Alternativ wird das Projekt mit dem Windows-Explorer kopiert. Der neue Ordner kann dann als verknüpfter Dateiordner in die Verwaltung des Projektmanagers eingebunden werden (siehe Bild 4.4, Seite 15).

Projekt umbenennen / Bezeichnung ändern

Die Bezeichnung eines Projekts kann nachträglich geändert werden über

- das Menü **Projekt** → **Eigenschaften** (zuvor Projekt selektieren)
- den Kontextmenü-Eintrag **Eigenschaften** des Projekts im Navigator (siehe Bild 4.5).

Im Dialog *Projekteigenschaften* können der *Projekt*-Name und die *Bezeichnung* geändert werden. Es wird auch der *Dateiordner* des Projekts angezeigt.

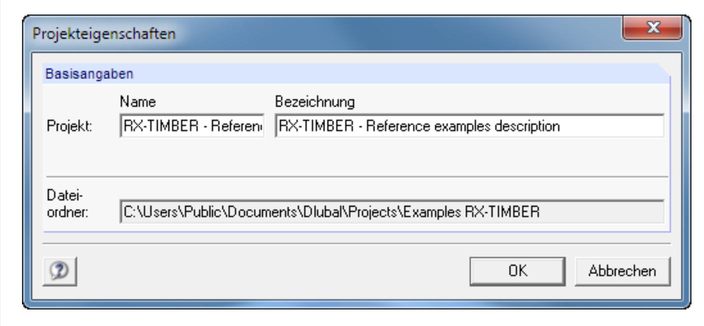


Bild 4.8: Dialog *Projekteigenschaften*



Projektordner importieren

Mit dieser Funktion kann nach einem Wechsel des Rechners die komplette Verzeichnisstruktur des Projektmanagers wiedergestellt werden, ohne die Datei PRO.DLP zu kopieren (siehe Kapitel 4.3, Seite 27). Es werden alle Projekte, die sich in einem Ordner befinden, in die Projektverwaltung aufgenommen (d. h. dieser Ordner muss Projekte, nicht Modelle enthalten). Die Projekte brauchen damit nicht einzeln verknüpft werden.

Der Dialog zum Importieren eines Projekte-Ordners wird aufgerufen über das Menü

Projekt → **Projektordner importieren**.

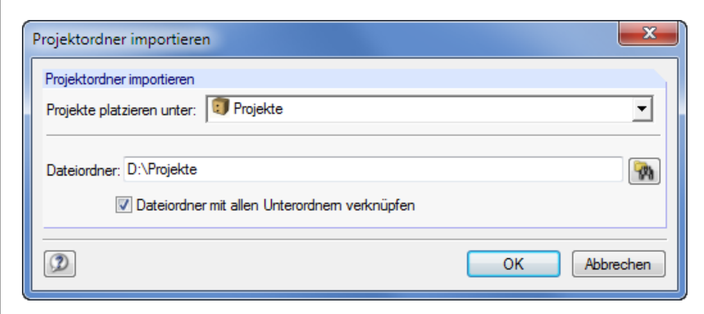


Bild 4.9: Dialog *Projektordner importieren*



In der Liste *Projekte platzieren unter* ist festzulegen, wie die Projektordner in die Verwaltung integriert werden sollen. Sollen die Dateiordner im Projektmanager als eigenständige Projekte erscheinen, ist der übergeordnete Eintrag *Projekte* zu wählen. Über die Schaltfläche [Suchen] kann der Pfad für den zu verknüpfenden *Dateiordner* eingestellt werden.

Mit der Option *Dateiordner mit allen Unterordnern verknüpfen* können sämtliche Unterordner der Dateiordner in die Verwaltung des Projektmanagers eingebunden werden.



4.1.2 Modellverwaltung

Modell öffnen

Ein Modell kann aus dem Projektmanager geöffnet werden durch

- einen Doppelklick auf den Modellnamen oder das Miniaturbild,
- das Menü **Modell** → **Öffnen** (zuvor Modell selektieren) oder
- das Kontextmenü des Modells.

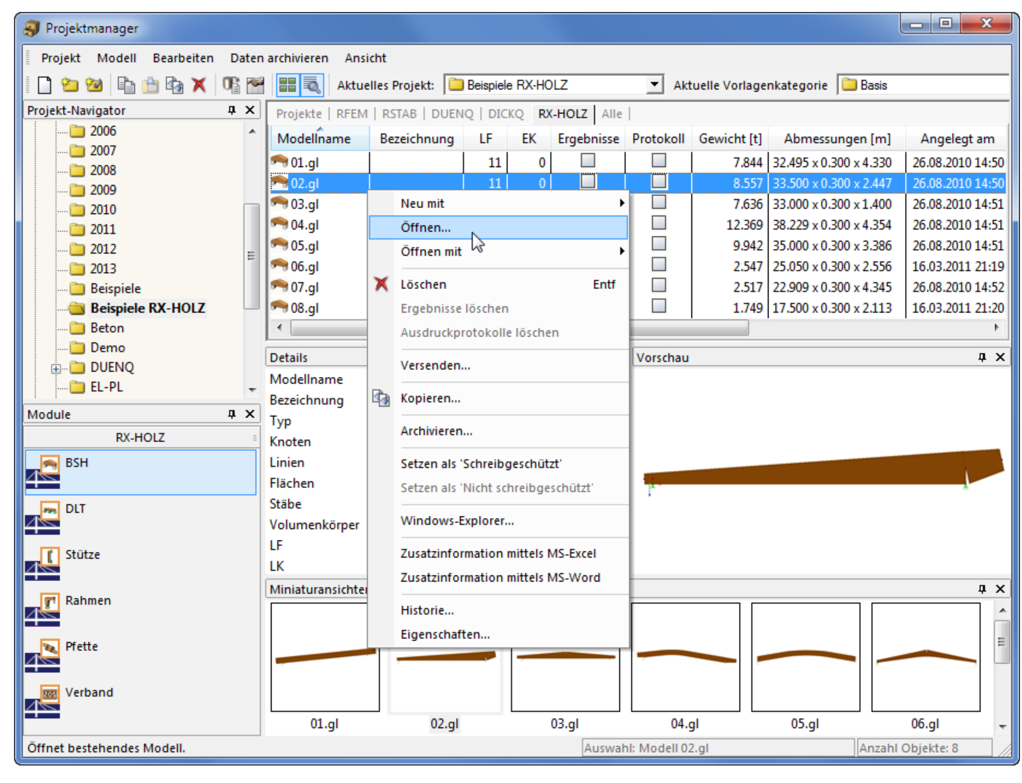
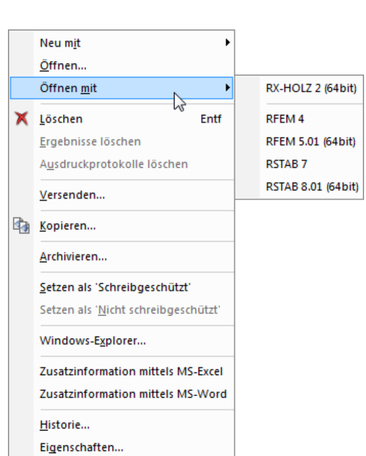


Bild 4.10: Kontextmenü *Modell*



Über die links dargestellte Kontextmenü-Option *Öffnen mit* kann eine Dlubal-Anwendung ausgewählt werden, mit der man das Modell öffnen möchte.



RX-HOLZ-Dateien lassen sich auch in RFEM oder RSTAB öffnen.

Modell kopieren / verschieben

Ein Modell wird in ein anderes Projekt kopiert mit

- dem Menü **Modell** → **Kopieren** (zuvor Modell selektieren),
- dem Kontextmenü-Eintrag **Kopieren** des Modells (siehe Bild oben) oder
- Drag-and-drop bei gedrückter [Strg]-Taste.

Im Dialog *Modell kopieren* (siehe folgendes Bild) sind das Zielprojekt sowie der *Name* und die *Bezeichnung* für die Kopie des Modells anzugeben.

Um ein Modell zu verschieben, wird es einfach mit der Maus in einen anderen Ordner gezogen.

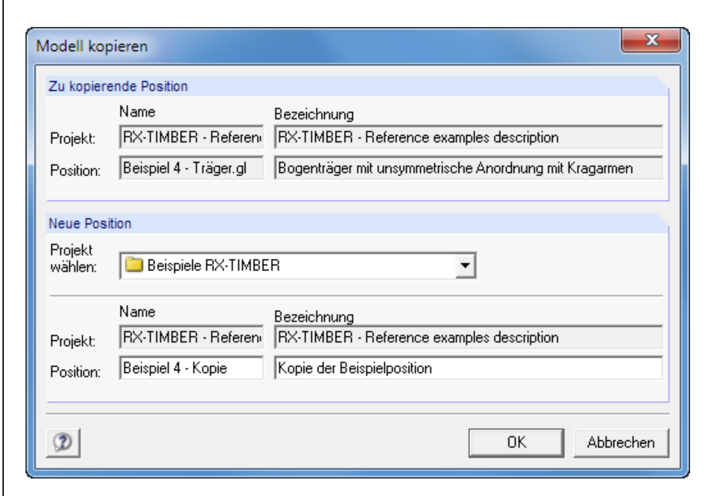


Bild 4.11: Dialog *Modell kopieren*

Modell umbenennen

Ein Modell kann wie ein Projekt umbenannt werden über

- das Menü **Modell** → **Eigenschaften** (zuvor Modell selektieren)
- den Kontextmenü-Eintrag **Eigenschaften** des Modells (siehe Bild 4.10).

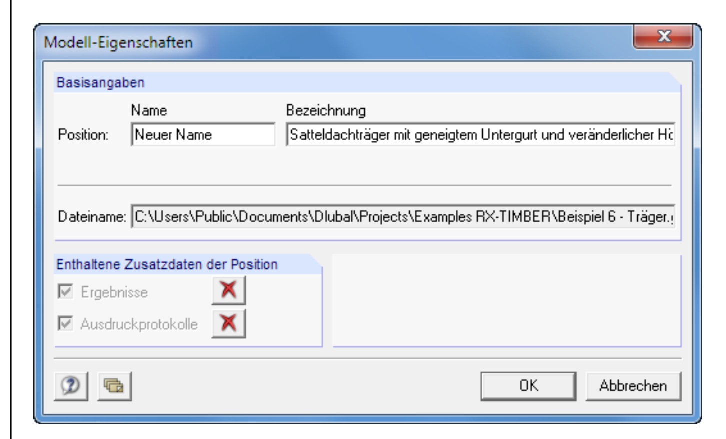


Bild 4.12: Dialog *Modell-Eigenschaften*

In einem Dialog können der *Name* und die *Bezeichnung* des Modells geändert werden. Es werden auch der *Dateiname* und der Verzeichnispfad des Modells angezeigt.



Enthält das Modell auch Ergebnisse und Ausdruckprotokolle, so können die zusätzlichen *Daten* mit den [Löschen]-Schaltflächen aus dem Datensatz entfernt werden.

Modell löschen



Ein Modell wird gelöscht mit

- dem Menü **Modell** → **Löschen** (zuvor Modell selektieren)
- der Schaltfläche [Löschen] in der Symbolleiste
- dem Kontextmenü des Modells (siehe Bild 4.10).

Es lassen sich auch gezielt die *Ergebnisse* und/oder *Ausdruckprotokolle* des Modells löschen. Die Eingabedaten bleiben in diesen Fällen erhalten.



Das Löschen von Modellen kann rückgängig gemacht werden über Menü

Bearbeiten → **Aus dem Dlubal-Papierkorb wiederherstellen**.

Der Dlubal-Papierkorb ist im Kapitel 4.1.4.2 auf Seite 24 beschrieben.



Historie anzeigen

Der Bearbeitungsverlauf an einem Modell kann kontrolliert werden über

- das Menü **Modell** → **Historie** (zuvor Modell selektieren)
- den Kontextmenü-Eintrag **Historie** des Modells (siehe Bild 4.10).

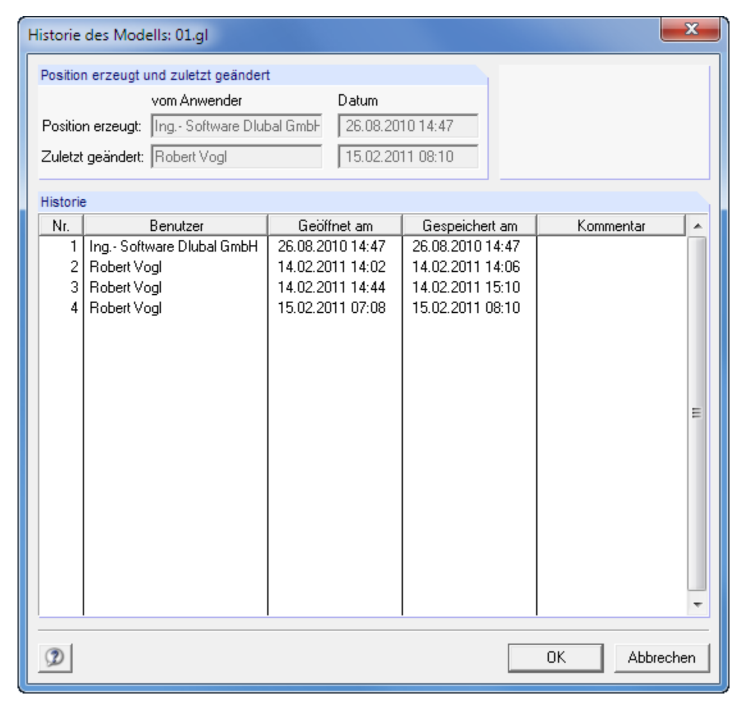


Bild 4.13: Info-Fenster *Historie des Modells*

Ein Dialog gibt Auskunft darüber, welche Personen das Modell erstellt, geöffnet oder geändert haben und zu welchem Zeitpunkt dies jeweils geschehen ist.

4.1.3 Datensicherung

Archivieren

Ausgewählte Modelle oder auch ein ganzer Projektordner können in einer komprimierten Archivdatei gesichert werden. Die ursprünglichen Modelle bleiben erhalten.

Die Archivierung wird gestartet über das

- Menü **Daten archivieren** → **Archivieren** (zuvor Modell bzw. Projekt selektieren)
- Kontextmenü des Projekts oder des Modells (siehe Bild 4.10).

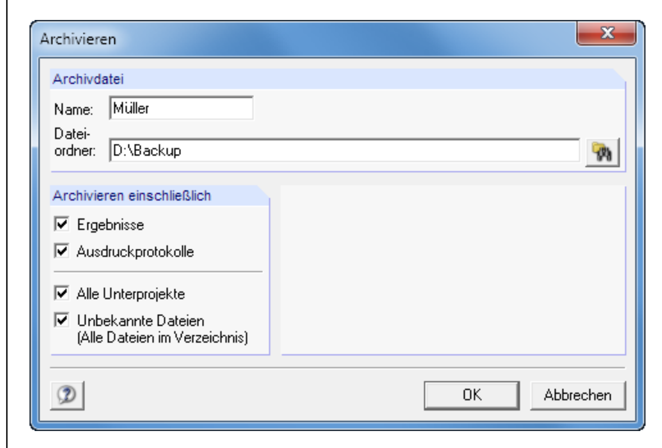


Bild 4.14: Dialog *Archivieren*



Die Sicherungsdatei kann mit oder ohne Ergebnissen und Ausdruckprotokollen gebildet werden. Optional lassen sich alle Unterprojekte und Dlubal-fremde Dateien integrieren.

Sind *Name* und *Dateiordner* der Archivdatei festgelegt, wird diese nach [OK] im ZIP-Format erstellt.

Dearchivieren

Eine Archivdatei kann wieder entpackt werden über das Menü

Daten archivieren → **Projekt dearchivieren** bzw. **Modelle dearchivieren**.

Es erscheint der Windows-Dialog *Öffnen* zur Auswahl der ZIP-Archivdatei. Nach [OK] wird der Inhalt angezeigt:

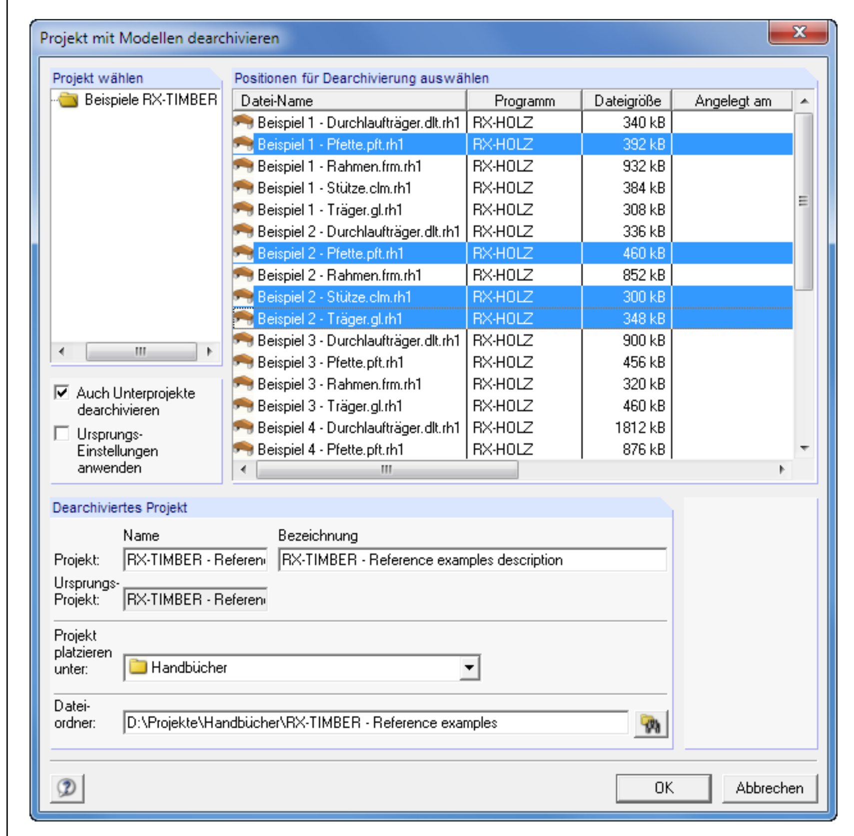


Bild 4.15: Dialog *Projekt mit Modellen dearchivieren*



Im Abschnitt *Modelle für Dearchivierung auswählen* sind die Modelle zu selektieren, die wiederhergestellt werden sollen. Diese können mit den ursprünglichen Projekteinstellungen oder als neues Projekt entpackt werden. In der Liste *Projekt platzieren unter* kann die Einordnung in der Verwaltungsstruktur des Projektmanagers festgelegt werden. Alternativ wird über die Schaltfläche [Suchen] ein neues Verzeichnis erstellt.



4.1.4 Einstellungen

4.1.4.1 Ansicht

Miniaturbilder und Details anzeigen

Der Bereich unterhalb der Modell-Tabelle kann benutzerdefiniert angepasst werden. Es stehen zwei Optionen für Zusatzfenster zur Wahl, die sich unabhängig voneinander aktivieren lassen.

Die Steuerung erfolgt über die Menüpunkte

Ansicht → **Vorschaugrafiken aller Modelle** und

Ansicht → **Details des aktuellen Modells**.

oder die zugeordneten Schaltflächen:

Schaltfläche	Funktion
	Die Miniaturbilder aller Modelle im Projekt werden angezeigt.
	Die Modelldetails und das Vorschaubild des Modells werden angezeigt.

Tabelle 4.1: Schaltflächen zur Steuerung der Anzeige

Modelle sortieren

Die Anordnung der Modelle in der Tabelle ist anpassbar: Wie in Windows-Anwendungen üblich, lässt sich die Liste durch einen Klick auf einen der Spaltentitel auf- oder absteigend sortieren. Alternativ benutzt man das Menü

Ansicht → **Modelle sortieren**.

Spalten anpassen



Die Spalten lassen sich benutzerdefiniert arrangieren mit

- dem Menü **Ansicht** → **Spalten bearbeiten**
- der Schaltfläche [Registerspalten bearbeiten] in der Symbolleiste.

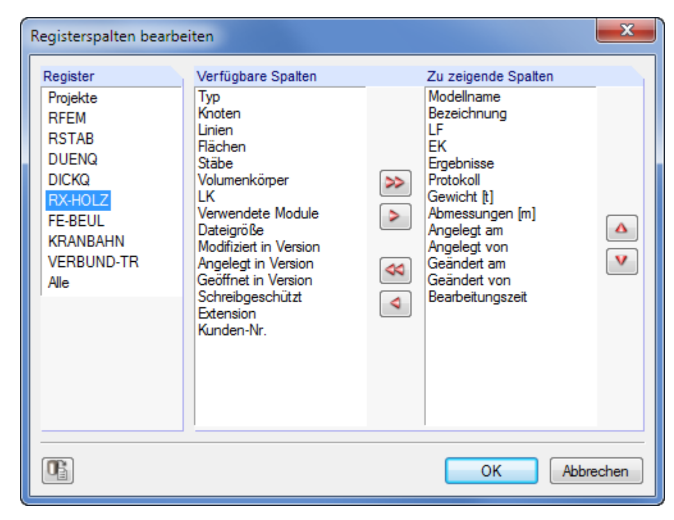
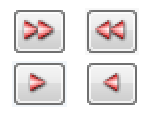


Bild 4.16: Dialog *Registerspalten bearbeiten*



Im Dialog ist zunächst das *Register* **RX-HOLZ** festzulegen. In der Liste *Verfügbare Spalten* können nun Einträge markiert und in die Liste *Zu zeigende Spalten* übertragen werden. Die Übergabe erfolgt mit den [▶]-Schaltflächen oder per Doppelklick. Umgekehrt können unerwünschte Spalten mit den [◀]-Schaltflächen ausgeblendet werden.



Die Reihenfolge der Spalten in der Modellliste wird geändert, indem man in der Liste *Zu zeigende Spalten* einen Eintrag mit den Schaltflächen [▲] und [▼] nach oben oder unten schiebt.



Über Menü **Ansicht** → **Automatisch anordnen** oder die zugeordnete Schaltfläche werden die Spaltenbreiten der Modellliste optimiert.

4.1.4.2 Papierkorb

Gelöschte Projekte und Modelle lassen sich restaurieren über das Menü

Bearbeiten → **Aus dem Dlubal-Papierkorb wiederherstellen**.

In einem Dialog werden die gelöschten Modelle nach Projekten aufgelistet.

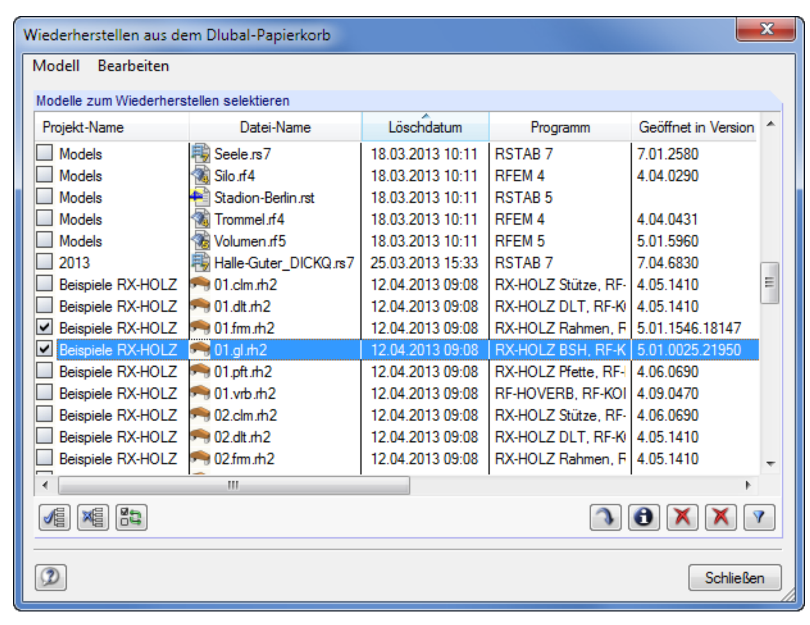


Bild 4.17: Dialog *Wiederherstellen aus dem Dlubal-Papierkorb*





Die wiederherzustellenden Modelle können per Mausklick ausgewählt werden. Mit der Schaltfläche [Alles selektieren] lassen sich alle Einträge auf einmal markieren. [Selektierte Modelle wiederherstellen] fügt die gelöschten Modelle wieder in die ursprünglichen Projektordner ein.

Die im Dlubal-Papierkorb abgelegten Modelle werden gelöscht über Menü

Bearbeiten → **Dlubal-Papierkorb leeren**.

Vor dem endgültigen Löschen erfolgt eine Sicherheitsabfrage.

Die Einstellungen für den Dlubal-Papierkorb sind zugänglich über das Projektmanager-Menü

Bearbeiten → **Einstellungen für Dlubal-Papierkorb**.

In einem Dialog werden die Vorgaben zu Speicherort und -größe verwaltet.

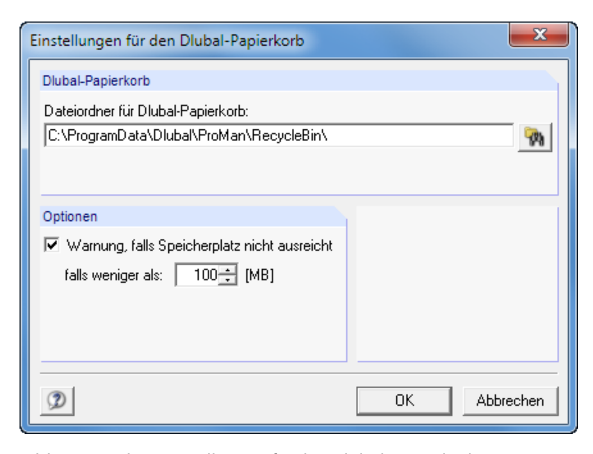


Bild 4.18: Dialog *Einstellungen für den Dlubal-Papierkorb*

4.1.4.3 Verzeichnisse

Die Verzeichnispfade des Projektmanagers lassen sich im Dialog *Programmoptionen* überprüfen. Dieser wird aufgerufen über das Menü

Bearbeiten → **Programmoptionen**.

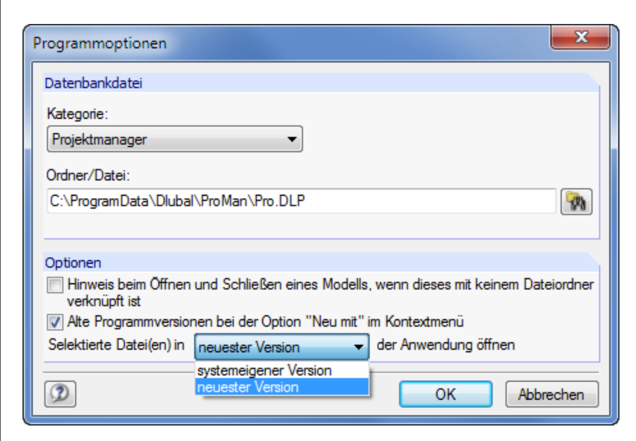


Bild 4.19: Dialog *Programmoptionen*



Ordner und Dateiname der Kategorie *Projektmanager* werden im Eingabefeld angezeigt und können dort bei Bedarf angepasst werden. Alle Projekte sind in der Datei **PRO.DLP** verwaltet, die sich standardmäßig in den Ordnern *C:\ProgramData\Dlubal\ProMan* (Windows 7) oder *C:\Dokumente und Einstellungen\All Users\Anwendungsdaten\Dlubal\ProMan* (Windows XP) befindet. Die [Suchen]-Schaltfläche erleichtert es, einen anderen Verzeichnispfad einzustellen.

Da der Projektmanager netzwerkfähig ist, kann das Datenmanagement für die im Projektmanager verwalteten Modelle auch an zentraler Stelle erfolgen: Es ist der Verzeichnispfad zur Datei PRO.DLP auf dem Server einzustellen (siehe Kapitel 4.3, Seite 27).

Der Abschnitt *Optionen* bietet weitere Einstellungen zur Behandlung von RX-HOLZ-Dateien: Beim Öffnen einer Datei aus dem Explorer, E-Mail-Programm etc. erscheint üblicherweise eine Meldung, falls dieser Dateiordner nicht in die Verwaltung des Projektmanagers integriert ist. Diese Meldung kann deaktiviert werden. Zudem lässt sich steuern, mit welcher Programmversion Modelldateien erstellt oder geöffnet werden.



4.2 Neues Modell anlegen

Zunächst ist im Projektmanager-Abschnitt *Module* (siehe Bild 4.1, Seite 13) links unten das Programm zu markieren, mit dem das neue Modell berechnet werden soll.

Ein Modell wird erstellt mit

- der Schaltfläche [Neues Modell] in der Symbolleiste
- dem Menü **Modell** → **Neu mit** → **RX-HOLZ 2**.

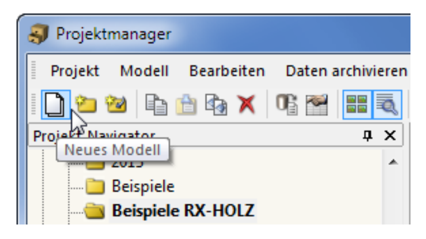


Bild 4.20: Schaltfläche *Neues Modell*

Es erscheint der Dialog *Neues Modell für RX-HOLZ - Basisangaben*.

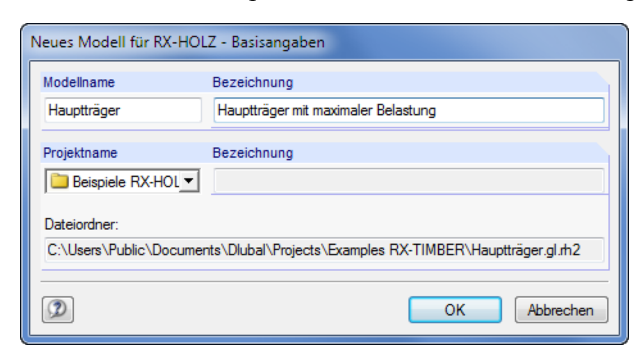


Bild 4.21: Dialog *Neues Modell für RX-HOLZ - Basisangaben*

Um zu einem späteren Zeitpunkt die Basisangaben zu bearbeiten, benutzt man

- das Menü **Modell** → **Eigenschaften**
- den Kontextmenü-Eintrag *Eigenschaften* des Modells (siehe Bild 4.10, Seite 19).

Modellname / Bezeichnung

Im Eingabefeld *Modellname* ist ein Name anzugeben. Er dient gleichzeitig als Dateiname des Modells. Das Modell kann mit einer *Bezeichnung* näher beschrieben werden. Sie erscheint im Ausdruckprotokoll, hat jedoch wie die Projektbezeichnung keine weitere Funktion.

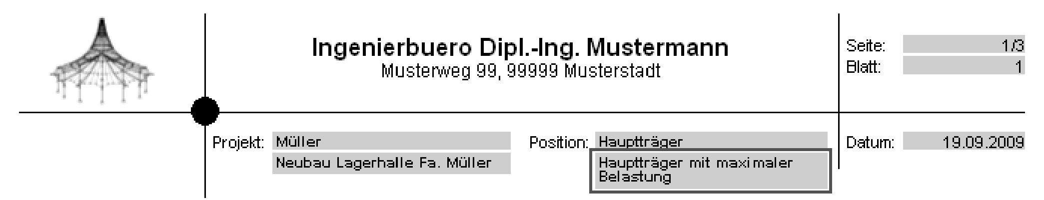


Bild 4.22: Modellbezeichnung im Ausdruckprotokoll

Projektname / Bezeichnung

In der Liste *Projektname* kann der Projektordner gewählt werden, in dem das Modell angelegt werden soll. Das aktuelle Projekt ist voreingestellt. Diese Voreinstellung lässt sich bei Bedarf im Projektmanager ändern (siehe Kapitel 4.1.1, Seite 14).

Zur Information werden auch die *Bezeichnung* und der *Dateiordner* des gewählten Projekts angezeigt.



4.3 Verwaltung im Netzwerk

Arbeiten mehrere Anwender an den gleichen Projekten, so kann die Modellverwaltung über den Projektmanager organisiert werden. Die Voraussetzung ist, dass die Modelle in einem Ordner mit Netzfreigabe abgelegt sind.

Zunächst ist der Ordner, der sich im Netzwerk befindet, in die interne Projektverwaltung einzubinden. Dies ist im Kapitel 4.1.1 auf Seite 15 beschrieben. Damit ist es möglich, im Projektmanager direkt auf die Modelle dieses Ordners zuzugreifen, d. h. zu öffnen, kopieren oder mit einem Schreibschutz zu versehen, den Bearbeitungsstand zu verfolgen etc.

Arbeitet ein Kollege bereits an dem Modell, das geöffnet werden soll, so erscheint ein entsprechender Hinweis. Dieses Modell kann dann als Kopie geöffnet werden.

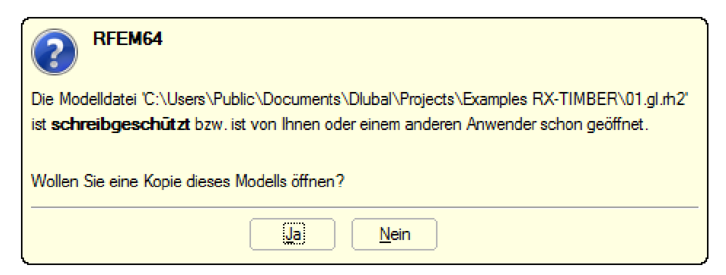


Bild 4.23: Abfrage *Modell öffnen*

Ein automatischer Abgleich der Änderungen ist nicht möglich.



Die Informationen zu den im Projektmanager registrierten Projekten werden in der Datei **PRO.DLP** abgelegt. Es handelt sich hierbei um eine ASCII-Datei, die standardmäßig unter *C:\Dokumente und Einstellungen\All Users\Anwendungsdaten\Dlubal\ProMan* (Windows XP) bzw. *C:\ProgramData\Dlubal\ProMan* (Windows 7) angelegt ist.

Durch das Kopieren dieser Datei PRO.DLP auf einen anderen Rechner lässt sich das projektweise Einbinden der Ordner umgehen. Die Datei kann zudem mit einem Editor bearbeitet werden. Dies erleichtert insbesondere bei Neuinstallationen die Aufgabe, alle relevanten Projektordner in die interne Verwaltung des Projektmanagers aufzunehmen. Alternativ kann die Funktion *Projektordner importieren* genutzt werden (siehe Kapitel 4.1.1, Seite 18).

Vor dem Kopieren der Datei PRO.DLP sollte – wie auch vor dem Deinstallieren der Dlubal-Anwendungen – die bestehende Datei gesichert werden.

Der Projektmanager ist auch netzwerkfähig. Damit kann das Dateimanagement an zentraler Stelle organisiert werden, wodurch alle Mitarbeiter in die gemeinsame Projektverwaltung eingebunden sind. Die Einstellungen werden getroffen über das Menü

Bearbeiten → **Programmoptionen**.

Es öffnet sich ein Dialog, in dem der Speicherort der Datei PRO.DLP festgelegt werden kann (siehe Bild 4.19, Seite 25).

Der Projektmanager läuft auf jedem lokalen Rechner, aber es wird jeweils die zentrale Datei PRO.DLP des Servers genutzt. Alle Anwender können damit gleichzeitig Änderungen an der Projektstruktur vornehmen. Für Schreibzugriffe auf die Datei PRO.DLP wird diese nur ganz kurz gesperrt und dann sofort wieder freigegeben.



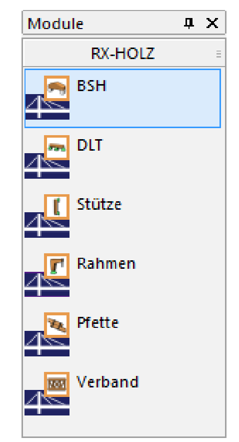
5. Eingabe




Die Eingabemasken werden am Beispiel des Programms **RX-HOLZ BSH** vorgestellt.



Ehe die Eingabe von Modell- und Belastungsdaten erfolgen kann, muss ein Modell angelegt oder geöffnet werden (siehe Kapitel 4.2, Seite 26).



Es erscheint das Programmfenster des gewählten RX-HOLZ-Programms. Links in diesem Fenster wird ein Navigator angezeigt, der die verfügbaren Masken verwaltet: Als „Maske" wird der mittlere Fensterbereich bezeichnet, in dem die Eingaben zum Modell vorgenommen werden können bzw. in dem nach der Berechnung die Ergebnisdetails aufgelistet sind.

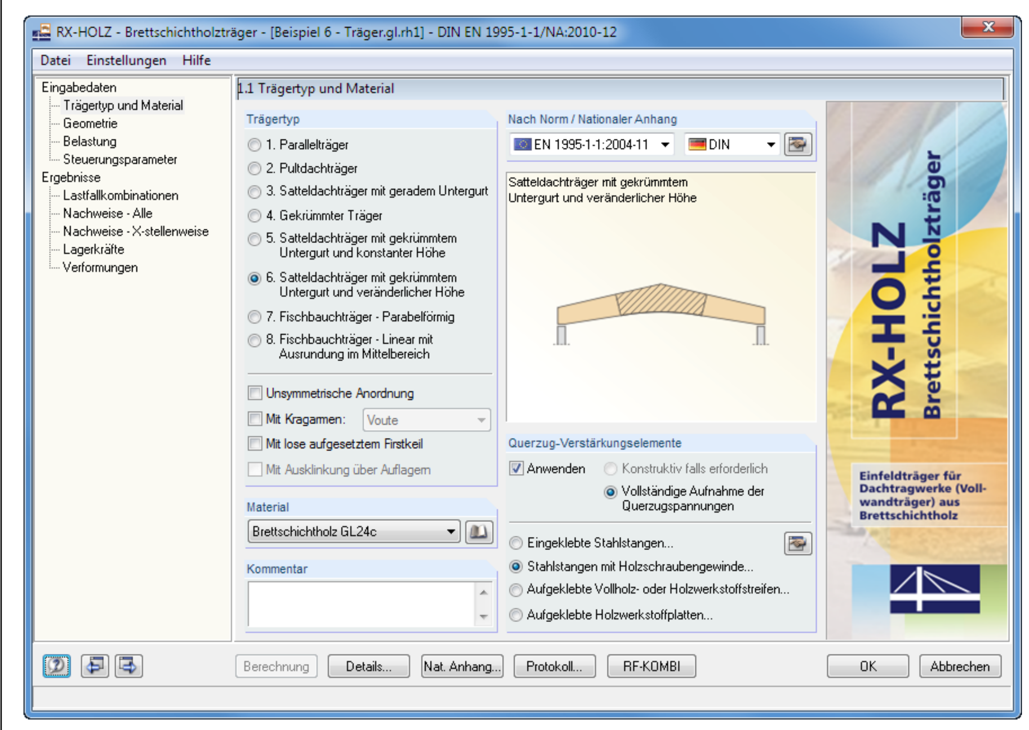


Bild 5.1: RX-HOLZ Brettschichtholzträger Maske 1.1 *Trägertyp und Material*



Eine Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator aufrufen. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] (vorwärts) und [F3] (rückwärts) möglich.



[OK] sichert die Eingaben und beendet das RX-HOLZ-Programm. [Abbrechen] beendet das Programm, ohne die Daten zu speichern.

Die weiteren Schaltflächen im unteren Fensterbereich sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	**Funktion**
Berechnung	Start der Berechnung
Details...	Aufruf eines Dialogs mit Detaileinstellungen (→ Kapitel 6.1)
Nat. Anhang...	Aufruf der Normparameter für Nationalen Anhang (→ Kapitel 6.2)
Protokoll...	Anzeige der Druckvorschau (→ Kapitel 8)
RF-KOMBI	Aufruf des Moduls RF-KOMBI (→ Kapitel 6.3)

Tabelle 5.1: Standardschaltflächen



5.1 Trägertyp und Material

Nach dem Programmstart erscheint die Maske 1.1 *Trägertyp und Material* (siehe Bild 5.1). Hier sind grundlegende Einstellungen für den zu bemessenden Träger zu treffen. Eine Grafik stellt den Träger schematisch dar.

Trägertyp

Im Abschnitt *Trägertyp* stehen acht Trägertypen zur Wahl:

- Parallelträger
- Pultdachträger
- Satteldachträger mit geradem Untergurt
- Bogenträger
- Satteldachträger mit geneigtem Untergurt und konstanter Höhe
- Satteldachträger mit geneigtem Untergurt und veränderlicher Höhe
- Fischbauchträger - Parabelförmig
- Fischbauchträger - Linear mit Ausrundung im Mittelbereich

Unterhalb der Liste sind je nach Typ bis zu drei Optionen verfügbar, über die die Geometrie näher spezifiziert werden kann:

- Unsymmetrische Anordnung
- Mit Kragarmen: Waagerecht, Parallel, Voute oder Absatz
- Mit lose aufgesetztem Firstkeil
- Mit Ausklinkungen über Auflagern

Die folgende Tabelle bietet einen Überblick über die Möglichkeiten, verschiedene Trägertypen zu definieren:

Trägertyp	Unsymmetrische Anordnung	Mit Kragarmen				Mit losem Firstkeil	Querzug-Verstärkungs-elemente
		Waagerecht	Parallel	Voute	Absatz		
1			x	x	x		
2		x		x	x		
3	x	x		x	x		x
4	x	x	x	x	x		x
5	x	x	x	x	x	x	x
6	x	x	x	x	x	x	x
7			x	x	x		
8			x	x	x		

Tabelle 5.2: Überblick Trägertypen



Norm / Nationaler Anhang

Die Bemessungsnorm wird einheitlich für alle Nachweisarten festgelegt. Es stehen zwei Holzbaunormen zur Auswahl.

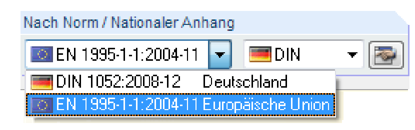


Bild 5.2: Auswahl der Bemessungsnorm

Für EN 1995-1-1:2004 kann in der Liste rechts der *Nationale Anhang* ausgewählt werden.

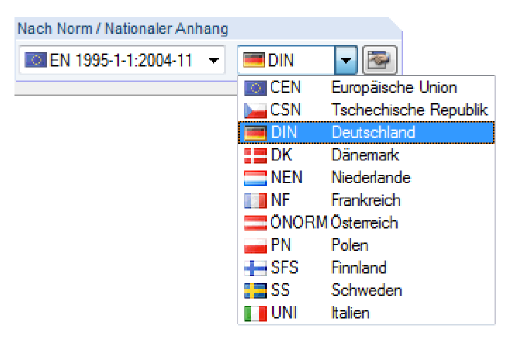


Bild 5.3: Auswahl des Nationalen Anhangs



Mit der Schaltfläche [Bearbeiten] lassen sich die Beiwerte des gewählten Nationalen Anhangs überprüfen und ggf. anpassen.

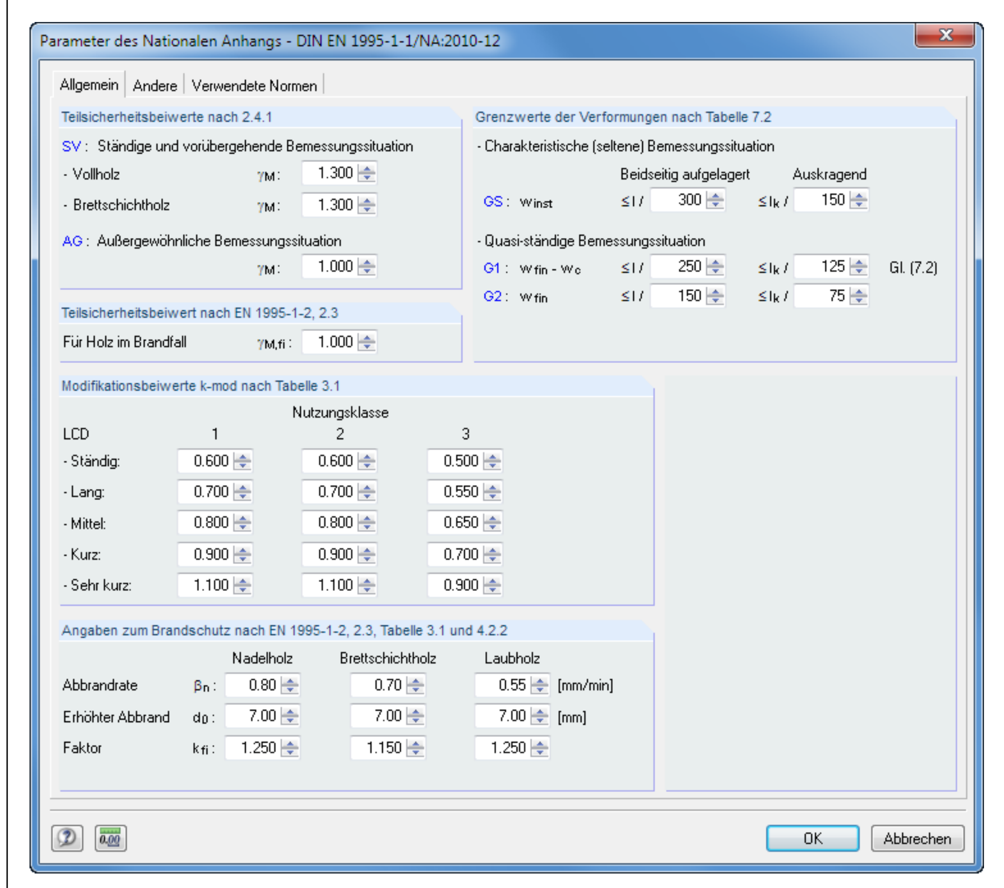


Bild 5.4: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*, Register *Allgemein*

Dieser Dialog ist im Kapitel 6.2 auf Seite 56 näher beschrieben.



Material

Im Abschnitt *Material* kann die relevante Holzgüte in einer Liste ausgewählt werden. Zur Verfügung stehen die nach DIN 1052:2008-12 und EN 1995-1-1:2004-11 genormten Materialgüten für Brettschichtholz.

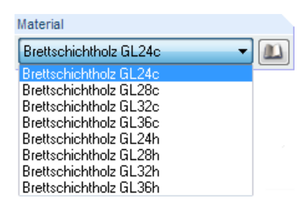


Bild 5.5: Auswahl der Brettschichtholz-Festigkeitsklasse



Über die Schaltfläche [Bibliothek] ist die Materialdatenbank zugänglich. Dort können die für die Berechnung verwendeten Werkstoffeigenschaften eingesehen werden. Die vordefinierten Holzgüten sind nicht editierbar: Damit ist sichergestellt, dass die verwendeten Materialeigenschaften denen der angezeigten Brettschichtholzklasse entsprechen.

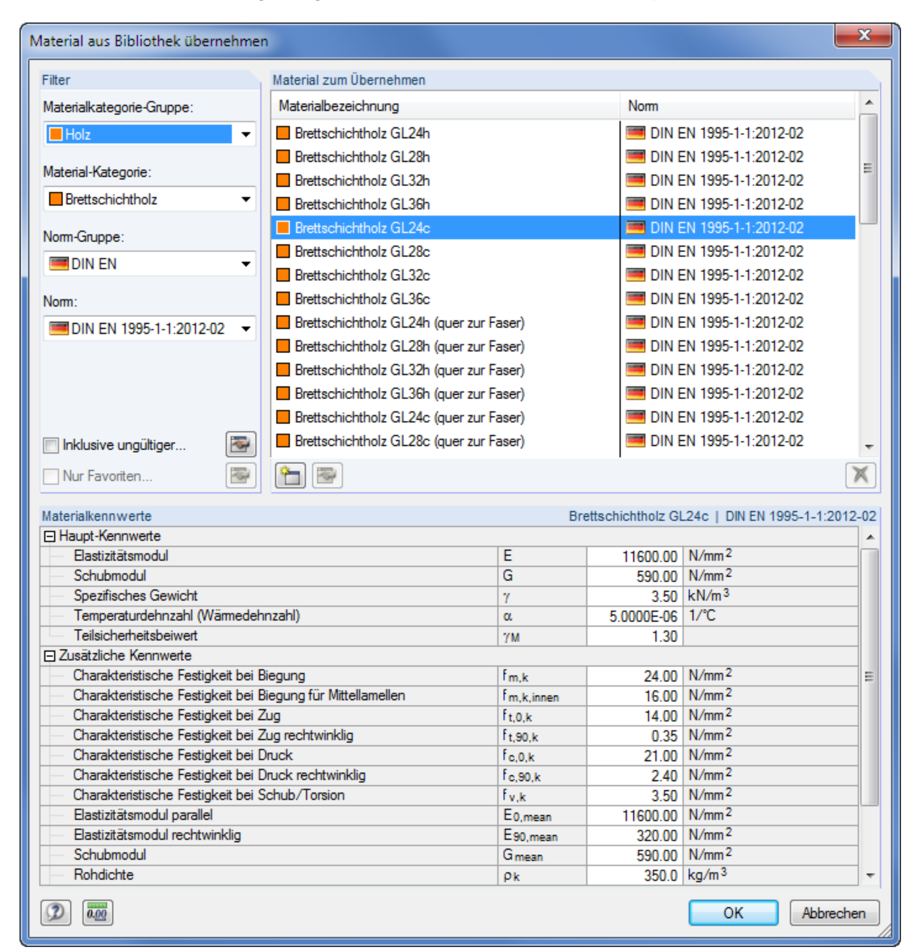


Bild 5.6: Materialbibliothek



Um eine benutzerdefinierte Holzgüte anzulegen, klicken Sie in der Bibliothek die Schaltfläche [Neu] an. Es erscheint der Dialog *Neues Material*. Die Parameter des in der Liste *Material zum Übernehmen* selektierten Eintrags sind voreingestellt. Das Anlegen eines neuen Materials wird also erleichtert, wenn ein Material mit ähnlichen Eigenschaften selektiert und dann der Dialog aufgerufen wird. Legen Sie die *Material-Bezeichnung* fest, definieren die *Materialkennwerte* und weisen das Material den *Filter*-Kategorien zu. Die neue Holzgüte steht nun für alle RX-HOLZ-Berechnungen zur Verfügung.




Benutzerdefinierte Materialien lassen sich in der Bibliothek auch [Bearbeiten] oder [Löschen].



Querzug-Verstärkungselemente

Der Abschnitt *Querzug-Verstärkungselemente* steuert, ob eine Querzugverstärkung berücksichtigt wird. Diese Einstellung ist nur für die Trägertypen 3 bis 6 relevant; sie ist bei den übrigen Trägertypen nicht zugänglich.

Ist das Kontrollfeld *Anwenden* aktiviert, kann zunächst zwischen den Optionen

- Konstruktiv falls erforderlich
- Vollständige Aufnahme der Querzugspannungen

gewählt werden.

Bei der ersten Option wird überprüft, ob eine konstruktive Querzugverstärkung nach den Vorgaben der Norm erforderlich ist und ggf. berücksichtigt werden muss. Bei der zweiten Option wird die gesamte Querzugspannung von Verstärkungselementen aufgenommen – unabhängig davon, ob konstruktiv eine Bewehrung erforderlich wäre.

Für die Querzugverstärkung können folgende Verstärkungselemente definiert werden:

- Eingeklebte Stahlstangen
- Stahlstangen mit Holzschraubengewinde
- Aufgeklebte Vollholz- oder Holzwerkstoffstreifen
- Aufgeklebte Holzwerkstoffplatten

Die Definitionsparameter sind jeweils über die Schaltfläche [Bearbeiten] zugänglich.

Eingeklebte Stahlstangen

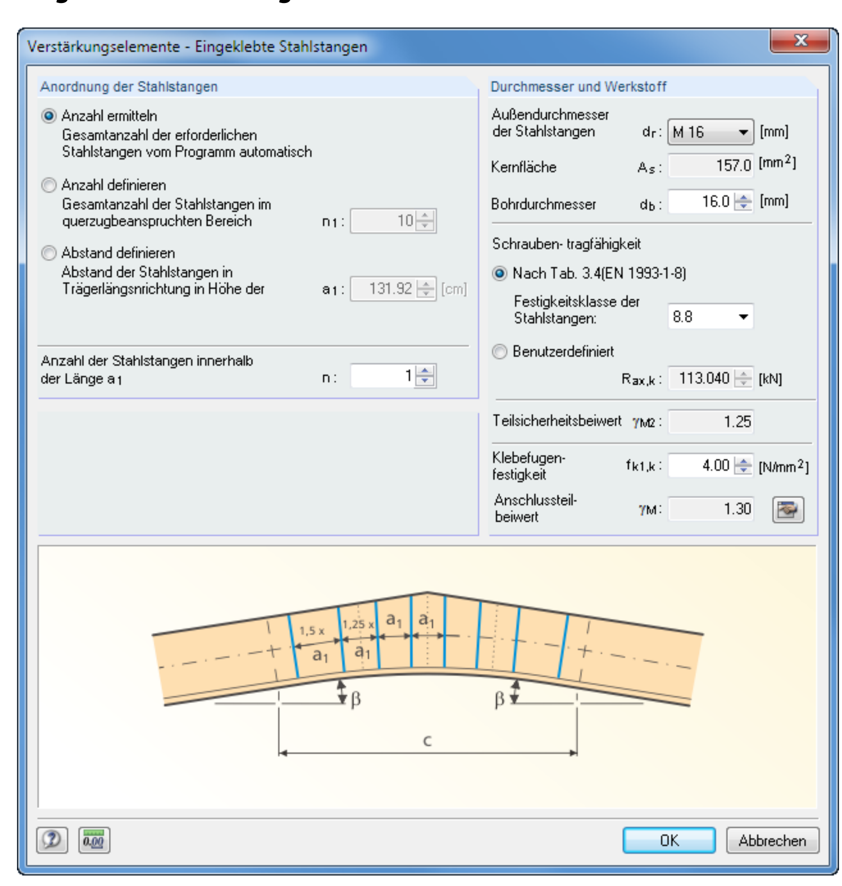
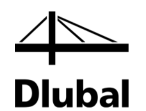


Bild 5.7: Dialog *Verstärkungselemente - Eingeklebte Stahlstangen*



Im Abschnitt *Anordnung der Stahlstangen* kann festgelegt werden, wie die Stahlstangen arrangiert werden sollen. Es stehen drei Varianten zur Wahl:

- *Anzahl ermitteln*
  RX-HOLZ berechnet die Anzahl der erforderlichen Stahlstangen und die daraus resultierenden Abstände automatisch.
- *Anzahl definieren*
  Man definiert die Anzahl n_1 der zu verwendenden Stahlstangen. RX-HOLZ versucht, damit den Nachweis zu führen. Die Stäbe werden automatisch über die Länge *c* verteilt (siehe Dialoggrafik).
- *Abstand definieren*
  Man legt den Abstand a_1 der Stangen fest. RX-HOLZ ermittelt die erforderliche Anzahl der Stangen und versucht, diese mit dem vorgegebenen Abstand unterzubringen.

Unabhängig von der gewählten Variante kann die Anzahl *n* der Stahlstangen innerhalb der Länge a_1 vorgegeben werden. Die Stangen können in der Ausführung sowohl nebeneinander als auch versetzt zueinander angeordnet sein.

Im Abschnitt *Durchmesser und Werkstoff* werden die Eigenschaften der Stahlstangen definiert. Zur Auswahl stehen die gängigen *Außendurchmesser* d_r der Stahlstangen, die *Festigkeitsklasse* sowie die *Schraubentragfähigkeit* und *Klebefugenfestigkeit*. Es besteht noch die Möglichkeit von Feineinstellungen: Bei der Vorgabe eines Außendurchmessers wird automatisch ein geeigneter *Bohrdurchmesser* d_b angegeben. Dieser lässt sich ggf. anpassen, um spezielle Produktionsweisen in der Berechnung berücksichtigen zu können.



Über die Schaltfläche [Bearbeiten] kann Einfluss auf den *Teilsicherheitsbeiwert* γ_{M2} und den *Anschlussteilbeiwert* γ_M genommen werden: Es wird der Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* aufgerufen (siehe Bild 6.3, Seite 56), in dem sich die Beiwerte entsprechend anpassen lassen.

Bei einer vollständigen Aufnahme der Querzugspannungen werden die Verstärkungen nach EN 1995-1-1/NA:2010, Gleichung (NA.95a) bzw. (NA.95b) bemessen. Gleichung (NA.95b) ist gleichbedeutend mit einer Erhöhung der Abstände der Querzugverstärkung um 50 %. Deshalb wird bei einer vollständigen Aufnahme im äußeren Bereich der Faktor 1,5 verwendet.

Bei einer konstruktiven Verstärkung wird eine gleichmäßige Verteilung über den gesamten Querschnitt angeordnet.



Werden die Anzahl oder der Abstand benutzerdefiniert festgelegt, so stellt auch die Grafik des Trägers in Maske 1.2 *Geometrie* die entsprechenden Stahlstangen dar (siehe Bild 5.10, Seite 36). Bei einer programmseitigen Ermittlung kann die Visualisierung erst nach der Berechnung erfolgen.

Stahlstangen mit Holzschraubengewinde

Der Dialog zur Definition von Stahlstangen mit Holzschraubengewinde gleicht dem oben beschriebenen Dialog (siehe Bild 5.7). Anstelle des Außendurchmessers ist hier der *Nenndurchmesser der Stahlstangen* anzugeben.



Aufgeklebte Vollholz- oder Holzwerkstoffstreifen

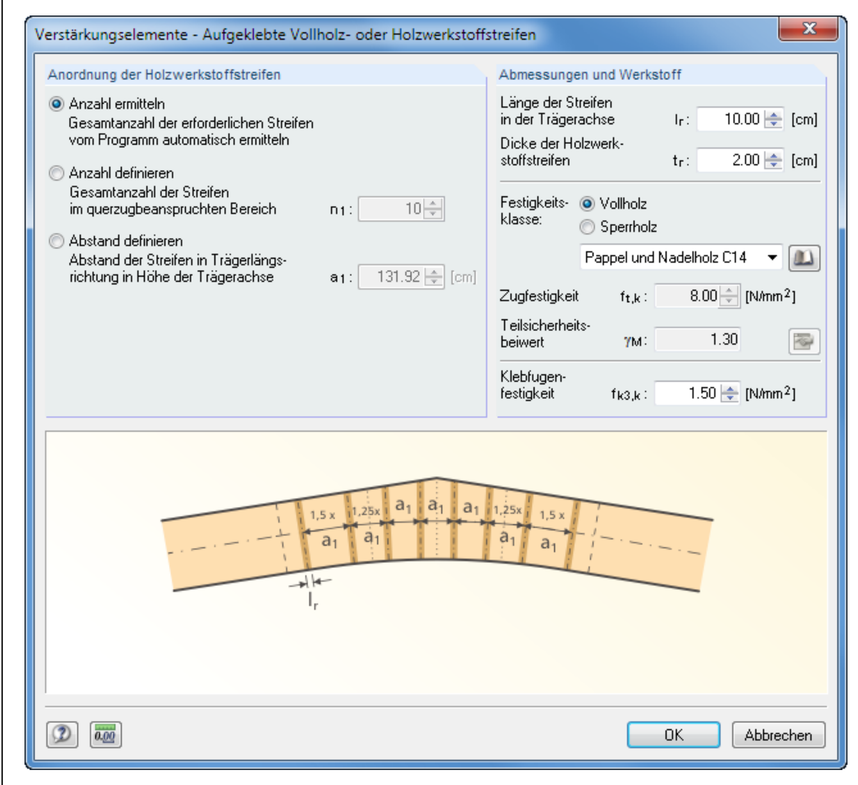


Bild 5.8: Dialog *Verstärkungselemente - Aufgeklebte Vollholz- oder Holzwerkstoffstreifen*

Im Abschnitt *Anordnung der Holzwerkstoffstreifen* kann festgelegt werden, wie die Streifen arrangiert werden sollen. Es stehen drei Varianten zur Wahl:

- *Anzahl ermitteln*
  RX-HOLZ berechnet die Anzahl der erforderlichen Vollholz- oder Holzwerkstoffstreifen und die daraus resultierenden Abstände automatisch.
- *Anzahl definieren*
  Man definiert die Anzahl n_1 der zu verwendenden Holzwerkstoffstreifen. RX-HOLZ versucht, damit den Nachweis zu führen. Die angenommene Verteilung der Streifen wird in der Grafik symbolisch dargestellt.
- *Abstand definieren*
  Man legt den Abstand a_1 der Streifen fest. RX-HOLZ ermittelt die erforderliche Anzahl der Streifen und versucht, diese mit dem vorgegebenen Abstand unterzubringen.

Im Abschnitt *Abmessungen und Werkstoff* werden die Eigenschaften der Holzstreifen definiert. Zunächst sind die *Länge* l_r bezogen auf die Trägerlängsachse und die *Dicke* t_r der Streifen festzulegen. Zudem ist anzugeben, ob die Streifen aus *Vollholz* oder *Sperrholz* bestehen. Bei Vollholz wird davon ausgegangen, dass der Faserverlauf der Streifen rechtwinklig zur Trägerlängsachse verläuft. Zur Information werden die *Zugfestigkeit* $f_{t,k}$ und der *Teilsicherheitsbeiwert* γ_M der gewählten Holzfestigkeitsklasse angegeben.

Die *Klebefugenfestigkeit* $f_{k3,k}$ definiert die Kraftübertragung zwischen den Holzwerkstoffstreifen und dem Träger.



Bei Sperrholz kann über die Schaltfläche [Bearbeiten] der *Teilsicherheitsbeiwert* γ_M geändert werden: Es wird der Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* aufgerufen (siehe Bild 6.3, Seite 56), in dem sich der Beiwert entsprechend anpassen lässt.



Aufgeklebte Holzwerkstoffplatten

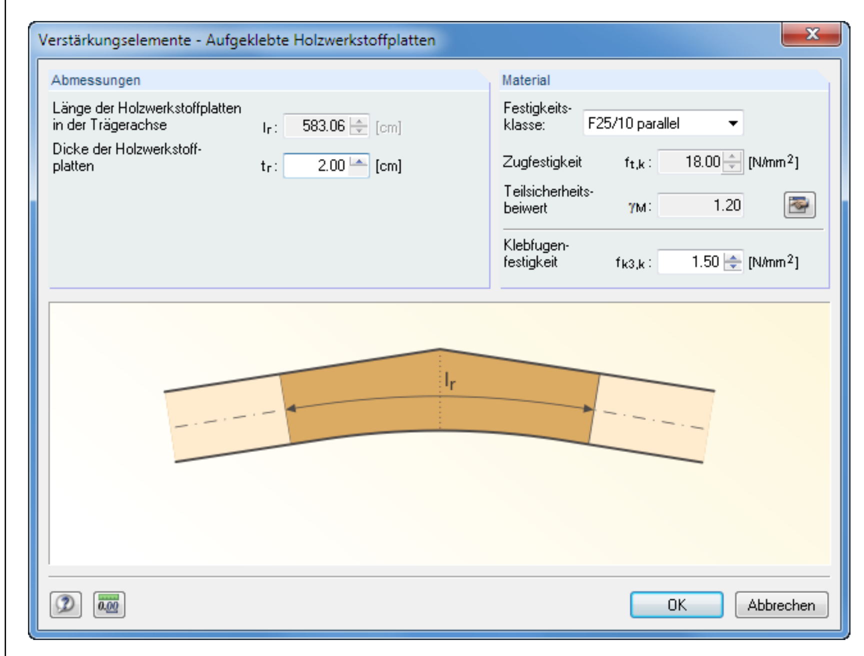


Bild 5.9: Dialog *Verstärkungselemente - Aufgeklebte Holzwerkstoffplatten*

Im Abschnitt *Abmessungen* gibt RX-HOLZ die *Länge* l_r der aufgeklebten Holzwerkstoffplatten vor: Sie entspricht der Länge der gebogenen Trägerachse, die sich aus den Eingaben in der folgenden Maske 1.2 *Geometrie* ergibt. Die *Dicke* t_r der Platten kann benutzerdefiniert festgelegt werden.

Im Abschnitt *Material* kann in der Liste *Festigkeitsklasse* zusätzlich zur Holzgüte zwischen paralleler und senkrechter Anordnung der Holzwerkstoffplatten gewählt werden. Zur Information wird die verwendete *Zugfestigkeit* $f_{t,k}$ angezeigt.



Über die Schaltfläche [Bearbeiten] kann Einfluss auf den *Teilsicherheitsbeiwert* γ_M genommen werden: Es wird der Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* aufgerufen (siehe Bild 6.3, Seite 56), in dem sich der Beiwert entsprechend anpassen lässt.

Die *Klebefugenfestigkeit* $f_{k3,k}$ definiert die mögliche Kraftübertragung zwischen Holzwerkstoffplatte und Träger.

Kommentar

Im Abschnitt *Kommentar* der Maske 1.1 kann ein Kommentar eingegeben werden, um z. B. den Träger kurz zu beschreiben. Der Kommentar erscheint auch im Ausdruckprotokoll.



5.2 Geometrie

In Maske 1.2 *Geometrie* ist die Trägergeometrie zu definieren – basierend auf der in Maske 1.1 *Trägertyp und Material* gewählten Grundform. Je nach zuvor gewähltem Trägertyp und Zusatzoptionen (unsymmetrisch, mit/ohne Kragarm, loser Firstkeil) erscheinen die folgenden Parametergruppierungen:

- Gebäude-Abmessungen
- Dachträger-Geometrie
- Kragarm/e (ggf. links/rechts)
- Querschnitt
- Angaben für Kippen
- Attika links
- Attika rechts
- Info-Parameter

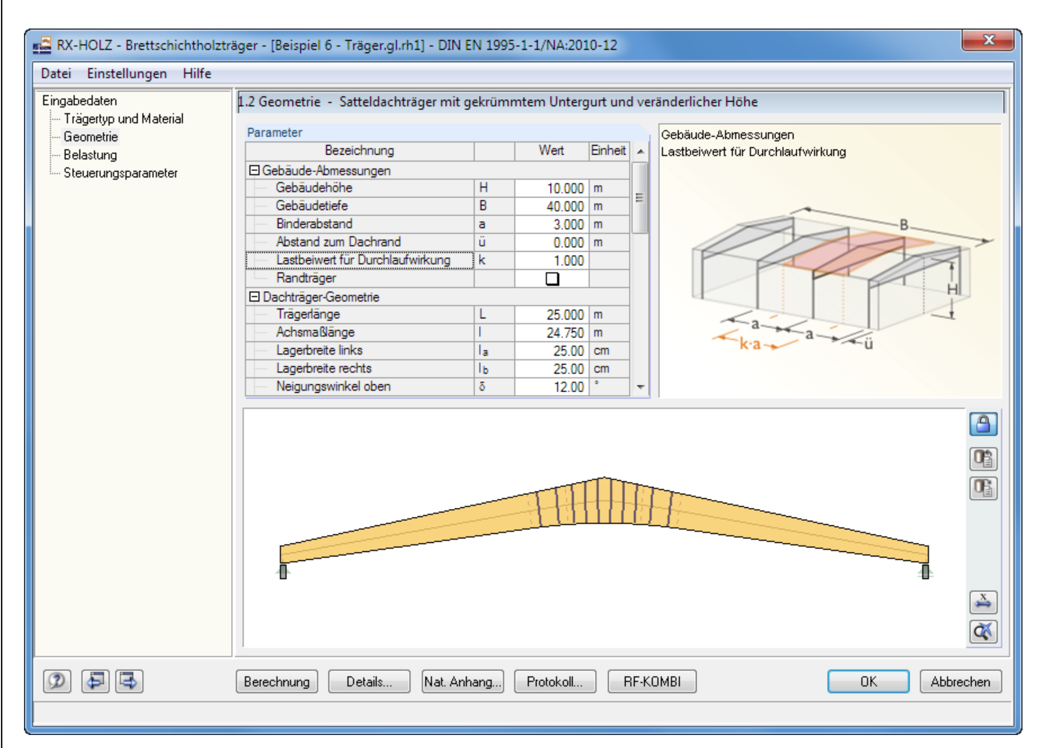


Bild 5.10: Maske 1.2 *Geometrie*

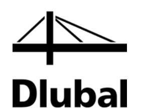
Die Gruppen lassen sich zur Erhöhung der Übersichtlichkeit durch einen Klick auf das [-] bzw. [+]-Zeichen vor dem Gruppennamen auf- bzw. zuklappen.

Zu jedem Parameter erscheint rechts eine beschreibende Grafik. Der relevante Wert ist dabei in der Gebäude- bzw. Trägerskizze farbig hervorgehoben.

Gebäude-Abmessungen

Die Gruppe *Gebäude-Abmessungen* (siehe Bild 5.10) ist bei allen Trägervarianten identisch. Diese Parameter werden für die automatische Lastermittlung von Wind- und Schneelasten (*Gebäudehöhe H* und *Gebäudetiefe B*) sowie für die Festlegung der Einzugsfläche (*Binderabstand a* und *Abstand zum Dachrand ü*) benötigt.

Der *Abstand zum Dachrand ü* ermöglicht es, eine zusätzliche Lasteinzugsfläche für Randbinder zu berücksichtigen. RX-HOLZ nimmt als Lasteinzugsfläche standardmäßig 2 · a/2, für Randbinder a/2 + ü an.

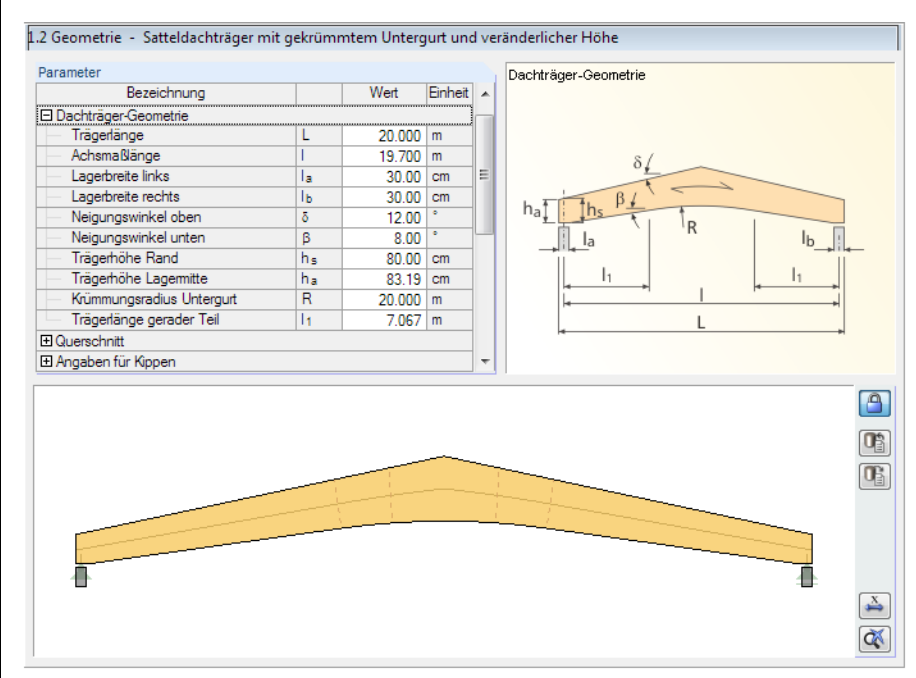


Der *Lastbeiwert für Durchlaufwirkung k* ermöglicht die Erhöhung der resultierenden Binderlast mit einem Faktor, um so den Einfluss aus Durchlaufwirkung zu berücksichtigen. Dieser Einfluss variiert je nach Dachbereich, sodass der geeignete Faktor manuell ermittelt und entsprechend eingetragen werden kann.

Beim Aktivieren der Option *Randträger* wird die reduzierte Lasteinzugsfläche eines Randbinders angenommen.

Dachträger-Geometrie

In dieser Gruppe sind die einzelnen Abmessungen des Trägers festzulegen. Die Anzahl der Parameter variiert je nach Trägertyp. Zur Erläuterung wird jeder Eingabewert in der Grafik rechts angezeigt. Manche Werte sind voneinander abhängig und wirken daher interaktiv: Bei der Eingabe der *Trägerlänge L* ändert sich automatisch die *Achsmaßlänge l*; bei der Eingabe der *Lagerbreite links l_a* bzw. *rechts l_b* wird die Achsmaßlänge entsprechend angepasst.



Bezeichnung		Wert	Einheit
Trägerlänge	L	20.000	m
Achsmaßlänge	l	19.700	m
Lagerbreite links	l_a	30.00	cm
Lagerbreite rechts	l_b	30.00	cm
Neigungswinkel oben	δ	12.00	°
Neigungswinkel unten	β	8.00	°
Trägerhöhe Rand	h_s	80.00	cm
Trägerhöhe Lagermitte	h_a	83.19	cm
Krümmungsradius Untergurt	R	20.000	m
Trägerlänge gerader Teil	l_1	7.067	m

Bild 5.11: Parameter der *Dachträger-Geometrie*



Die interaktive Anpassung der Parameter lässt sich über nebenstehende Schaltfläche unterbinden bzw. wieder aktivieren. Ist diese [Plausibilitätskontrolle] ausgeschaltet, können beliebige Eingaben gemacht werden. Am Ende der Eingabe sollte die Kontrolle wieder aktiviert werden, um die korrekte Definition der Geometrie sicherzustellen. Falls die Geometrie nicht innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte liegt, so erscheint eine entsprechende Meldung.

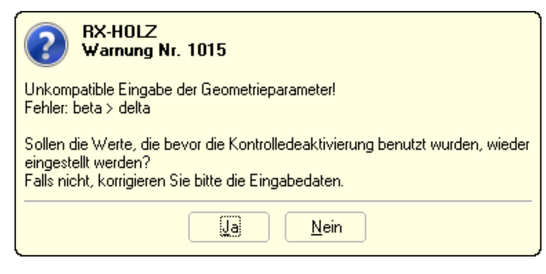


Bild 5.12: Plausibilitätskontrolle: Warnung bei Unstimmigkeit der Geometrie

Die Meldung benennt die problematischen Parameter und bietet zwei Möglichkeiten an, um das Problem zu behandeln: [Ja] stellt die Standardwerte mit einer stimmigen Geometrie her; [Nein] bewirkt die Rückkehr zur Eingabemaske, um die Parameter manuell zu korrigieren. Die problematischen Parameter werden dabei farbig hervorgehoben.



Kragarme

Diese Gruppe erscheint nur, wenn in Maske 1.1 die Option *Mit Kragarmen* aktiviert wurde. Je nachdem, ob ein symmetrischer oder unsymmetrischer Träger vorliegt, erscheinen ein oder zwei Gruppierungen, um den bzw. die Überstände zu definieren.

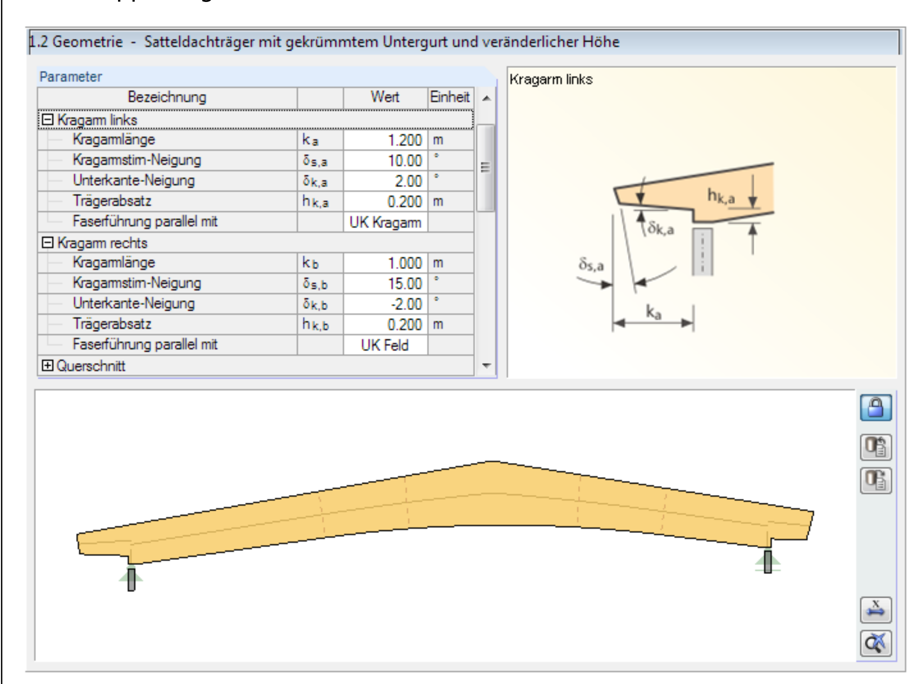


Bild 5.13: Parameter der *Kragarme*

Auch für die Kragarme wird je nach Kragarmtyp eine Grafik angezeigt, die die Bedeutung der Parameter erläutert.

Querschnitt

Hier ist die *Querschnittsbreite b* sowie die *Lamellendicke t* anzugeben. Die Dicke *t* wirkt sich auch auf die Schrittweite aus, die später bei der Trägeroptimierung festgelegt werden kann.

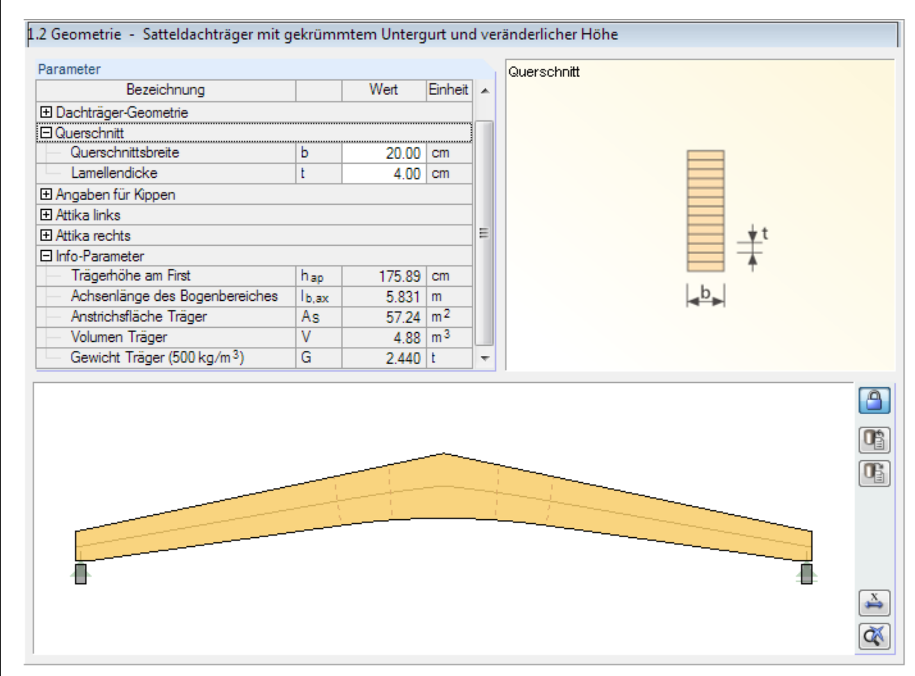


Bild 5.14: Parameter für *Querschnitt*



Angaben für Kippen

Diese Gruppe steuert, ob ein Kippsicherheitsnachweis geführt wird. Wird hier die Option *Träger kippgefährdet* aktiviert, so werden die relevanten Parameter zugänglich.

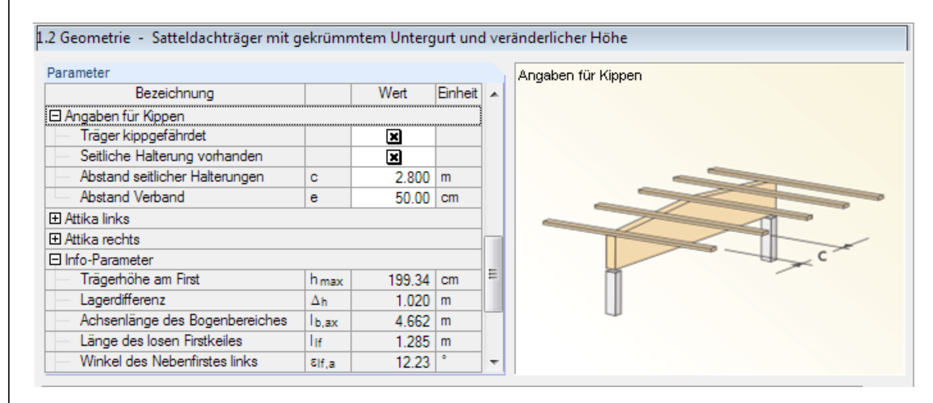


Bild 5.15: Parameter der *Angaben für Kippen*

Über die Option *Seitliche Halterung vorhanden* können zusätzliche seitliche Stützungen z. B. durch Pfetten berücksichtigt und anschließend deren Abstände und Lage definiert werden.

Mit dem Wert *Abstand Verband e* kann das Kippmoment T_d am Auflager für Gabellagerung ermittelt werden.

$$T_d = M_d \cdot \left[\frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{e}{h} \cdot (1 - k_m) \right]$$

Gleichung 5.1: Ermittlung des Kippmoments T_d gemäß DIN 1052: 2004-08, Gleichung (14)

Nach EN 1995-1-1 sollte folgendes Moment am Auflager durch die Gabellagerung oder einen Verband aufgenommen werden können.

$$M_{tor,d} = M_d / 80$$

Gleichung 5.2: Moment $M_{tor,d}$ gemäß DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, Gleichung (NA.129)

Bei der Bemessung nach EN 1995-1-1 wird überprüft, ob die Kippschlankheit λ_{ef} kleiner oder gleich 225 ist. Ist dies nicht der Fall, unterbleibt der Nachweis.

Attika links/rechts

In den Gruppen *Attika links* bzw. *Attika rechts* kann festgelegt werden, ob eine Attika am Dach berücksichtigt werden soll oder nicht.

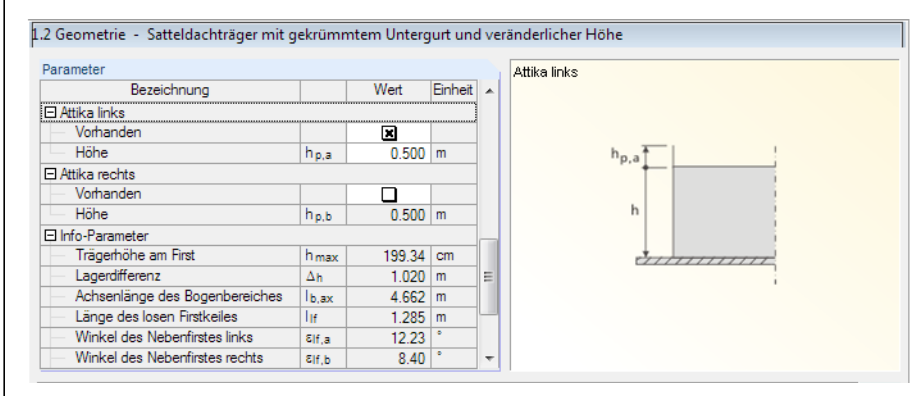


Bild 5.16: Parameter für *Attika links* und *Attika rechts*

Die Parameter der Attika wirken sich auf die Schneelastgenerierung aus (siehe Bild 5.17).

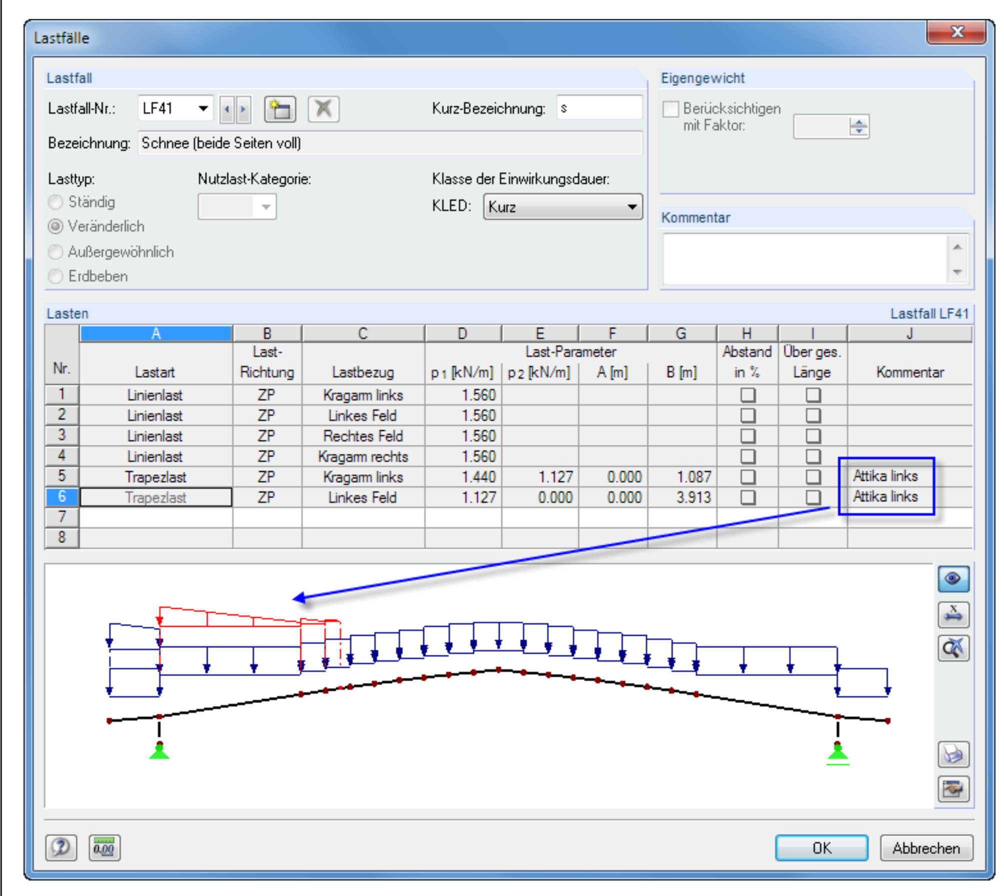


Bild 5.17: Einfluss der Attika auf die Generierung der Schneelasten

Info-Parameter

Als letzte Gruppe erscheinen die *Info-Parameter* mit verschiedenen Geometriedaten. Diese Werte können nicht geändert werden und haben ausschließlich informativen Charakter. Je nach Trägertyp variiert die Anzahl der angezeigten Werte.

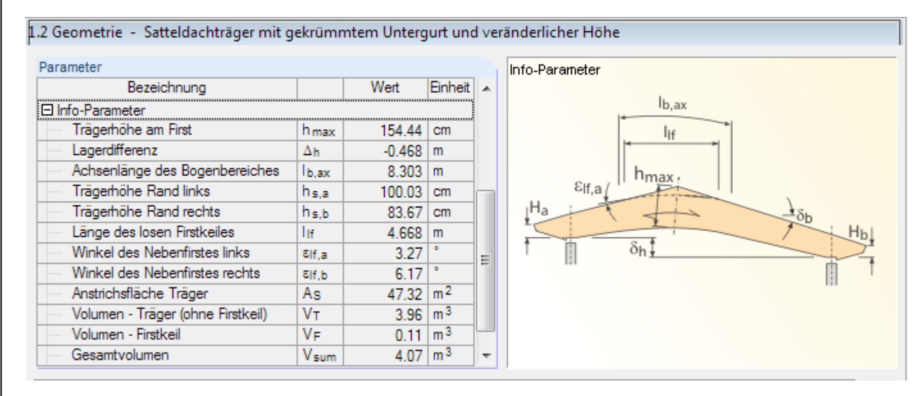


Bild 5.18: *Info-Parameter*

Auch hier wird für jeden einzelnen Wert eine Grafik angezeigt, die die Bedeutung des Parameters erläutert.



5.3 Belastung

In dieser Maske sind alle Belastungen zu definieren. Die einzelnen Abschnitte der Maske werden im Folgenden näher erläutert.

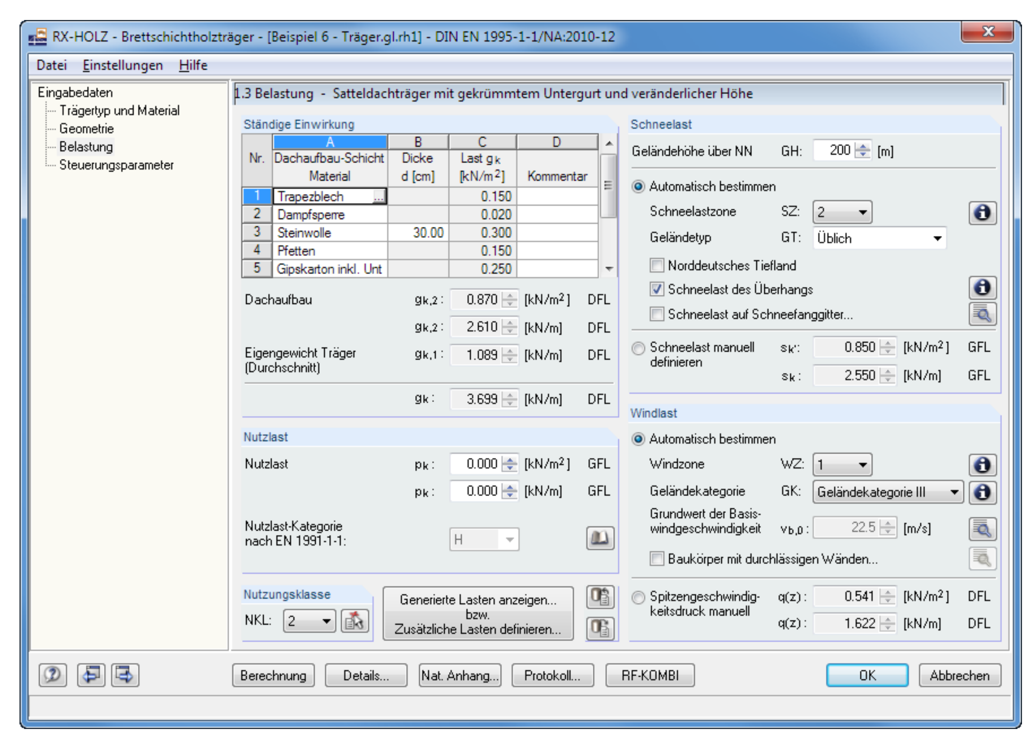


Bild 5.19: Maske 1.3 *Belastung*

Ständige Einwirkung



Das Eigengewicht des Trägers wird automatisch berücksichtigt; es muss nicht speziell definiert werden. Auf Seite 49 ist beschrieben, wie die Berücksichtigung des Eigengewichts aufgehoben werden kann.



In der Tabelle können zusätzliche, ständig wirkende Dachlasten wie z. B. der Dachaufbau definiert werden. Mit einem Mausklick in eine Zelle der Tabellenspalte A erscheint dort die Schaltfläche […] (siehe Bild 5.19). Diese eröffnet den Zugang zur Materialbibliothek mit vordefinierten Dachlasten (siehe Bild 5.20). Diese sind nach verschiedenen *Kategorien* geordnet und flächenbezogen in [kN/m²] oder volumenbezogen in [kN/m³] angegeben. Ein Material kann mit einem Mausklick ausgewählt und mit [OK] übernommen werden. Ein Doppelklick übergibt das Material ebenfalls in die ursprüngliche Tabelle.



Die Tabelleneinträge der Materialbibliothek (Bild 5.20) werden über die [Bearbeiten]-Schaltfläche für Änderungen zugänglich. Damit lässt sich die Bezeichnung und das spezifische Gewicht des aktuellen Materials anpassen.

Am Ende der Materialbibliothek-Tabellen befindet sich eine Leerzeile, die für die Erweiterung der Datenbank benutzt werden kann: Nach dem Eintragen eines neuen Materials wird die Tabelle automatisch um eine neue leere Zeile ergänzt. Damit lässt sich die Bibliothek beliebig erweitern.



Wenn die Materialbibliothek erweitert oder bearbeitet wurde, sollte sie mit [OK] geschlossen werden, um die Änderungen dauerhaft abzuspeichern. Die Anpassungen lassen sich auch mit der links dargestellten Schaltfläche [Anwenden] speichern.



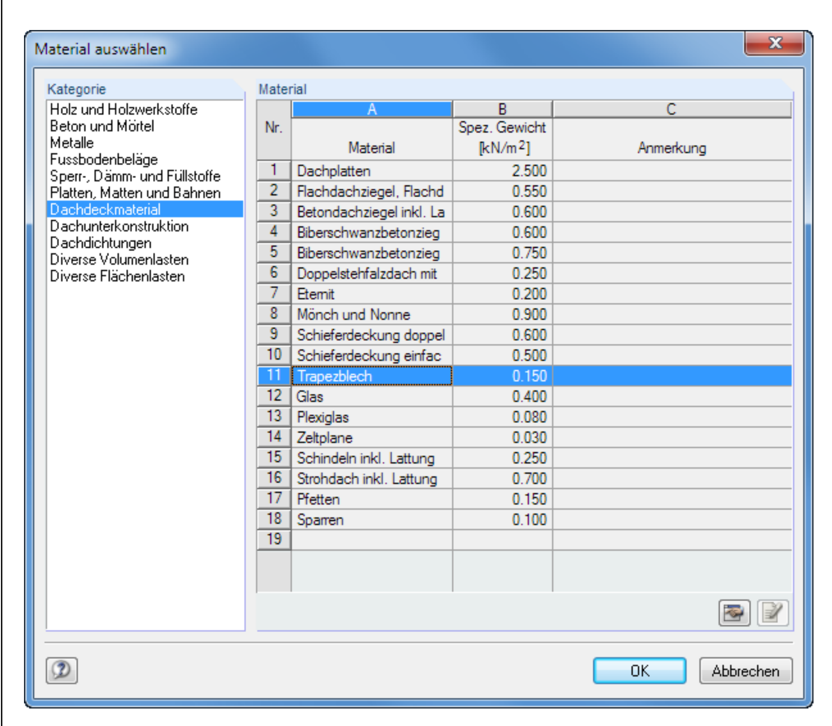


Bild 5.20: Materialbibliothek für ständige Einwirkungen

Bei Lasten, die in der Bibliothek als Volumenlasten angegeben sind, muss in Spalte B der Maske 1.3 zusätzlich die *Dicke d* angegeben werden.

Jede Last kann in Spalte D zusätzlich mit einem Kommentar versehen werden.

Unterhalb der Tabelle werden die Flächenlasten aufsummiert ($g_{k,2}'$), in eine Streckenlast umgerechnet ($g_{k,2}$) und zusammen mit dem Eigengewicht ($g_{k,1}$) als ständige Last (g_k) ausgewiesen. Das Eigengewicht des Trägers wird hier als Durchschnittswert angegeben, in der Berechnung jedoch exakt als veränderliche Streckenlast berücksichtigt.

Nutzlast

In diesem Abschnitt stehen zwei Eingabefelder zur Verfügung, die miteinander verbunden sind. Entweder wird die Flächenlast p_k' [kN/m²] definiert, die dann automatisch in die entsprechende Streckenlast p_k [kN/m] für einen Binder umgerechnet wird. Die Umrechnung zwischen den beiden Werten erfolgt unter Berücksichtigung der Vorgaben für die *Gebäude-Abmessungen* in Maske 1.2:

- Randträger: $p_k = p_k' \cdot (\frac{a}{2} + ü) \cdot k$
- Innenträger: $p_k = p_k' \cdot a \cdot k$

Gleichung 5.1: Umrechnung von Flächen- in Streckenlasten

Alternativ wird die Streckenlast p_k direkt eingegeben. In diesem Fall erscheint dann im Feld für p_k' der entsprechende Wert der Flächenlast.



Über die links dargestellte Schaltfläche kann die Nutzlast nach [3] bzw. [7] auch in einer Tabelle ausgewählt werden (siehe Bild 5.21).

Ist eine Nutzlast definiert, sind die Auswahlfelder zur Festlegung der *Nutzlast-Kategorie* nach *DIN 1052* und *DIN 1055-100* bzw. *EN 1991-1-1* zugänglich. In den meisten Fällen kann die voreingestellte Kategorie *H* ohne Änderung übernommen werden. Die Kategorie steuert die ψ-Beiwerte nach [2] Tabelle A.2 bzw. [9] Tabelle A.1.1 sowie die Klasse der Lasteinwirkungsdauer (KLED) nach [1] Tabelle 4 bzw. [7] Tabelle NA.1.

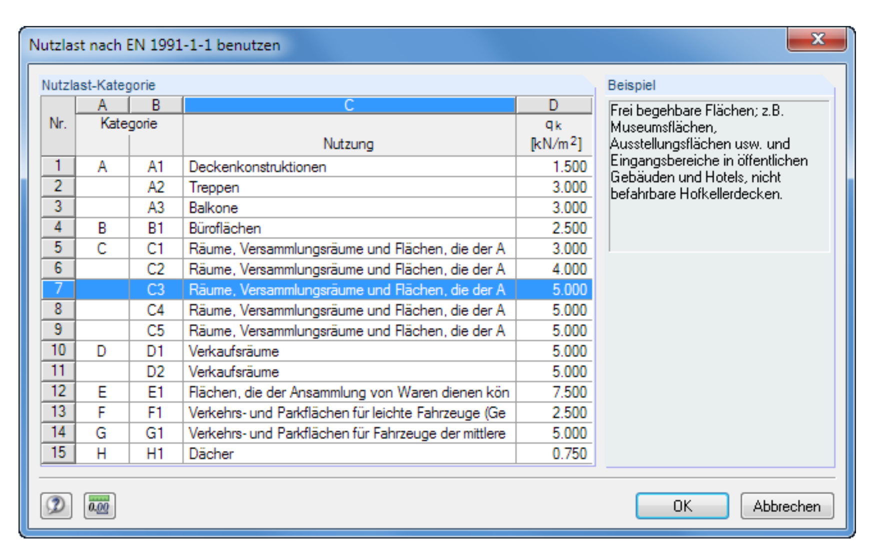


Bild 5.21: Dialog *Nutzlast nach EN 1991-1-1 benutzen*

Die ψ-Beiwerte werden aus dem Modul RF-KOMBI übernommen und können dort bei Bedarf angepasst werden (siehe Bild 11.12, Seite 115). Nähere Informationen hierzu finden sich im Kapitel 6.3 sowie im Handbuch von RF-KOMBI, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt.

Nutzungsklasse



Im linken unteren Abschnitt der Maske 1.3 ist die Nutzungsklasse *NKL* für den gesamten Träger anzugeben. Die links dargestellte Schaltfläche ruft einen Auswahldialog mit kurzen Erläuterungen zu den einzelnen Nutzungsklassen auf.

Schneelast

Dieser Abschnitt verwaltet die Parameter zur automatischen Erzeugung der Schneelastfälle. Die Generierung erfolgt nach den Regeln der DIN 1055-5 bzw. EN 1991-1-3.

Zunächst ist die *Geländehöhe* über Meeresniveau in Metern einzugeben. Anschließend lässt sich die Schneelast entweder *Automatisch bestimmen* oder *Manuell definieren*.

Automatisch bestimmen



Die *Schneelastzone SZ* kann direkt aus der Liste gewählt oder durch einen Doppelklick in die Schneelastkarte (Bild 5.22) festgelegt werden. Die Karte der Schneelastzonen ist über die Schaltfläche [Info] zugänglich.

Für EN 1991-1-3 ist zusätzlich der *Geländetyp GT* anzugeben. In der Liste stehen die Optionen *Windig*, *Üblich* und *Geschützt* zur Auswahl.





Zusätzlich stehen die Optionen *Norddeutsches Tiefland*, *Schneelast des Überhangs* und *Schneelast auf Schneefanggitter* zur Verfügung, die mit den entsprechenden Zusatzangaben eine gezielte Steuerung der Lastgenerierung erlauben. Auch für diese Optionen lassen sich mit [Info] zusätzliche Informationen einblenden.

In der Schneelastkarte von Deutschland (siehe folgendes Bild) ist auch der Bereich *Norddeutsches Tiefland* eingetragen. Bei Auswahl dieser Option wird ein zusätzlicher außergewöhnlicher Lastfall mit 2,3-fachen Schneelasten erzeugt.

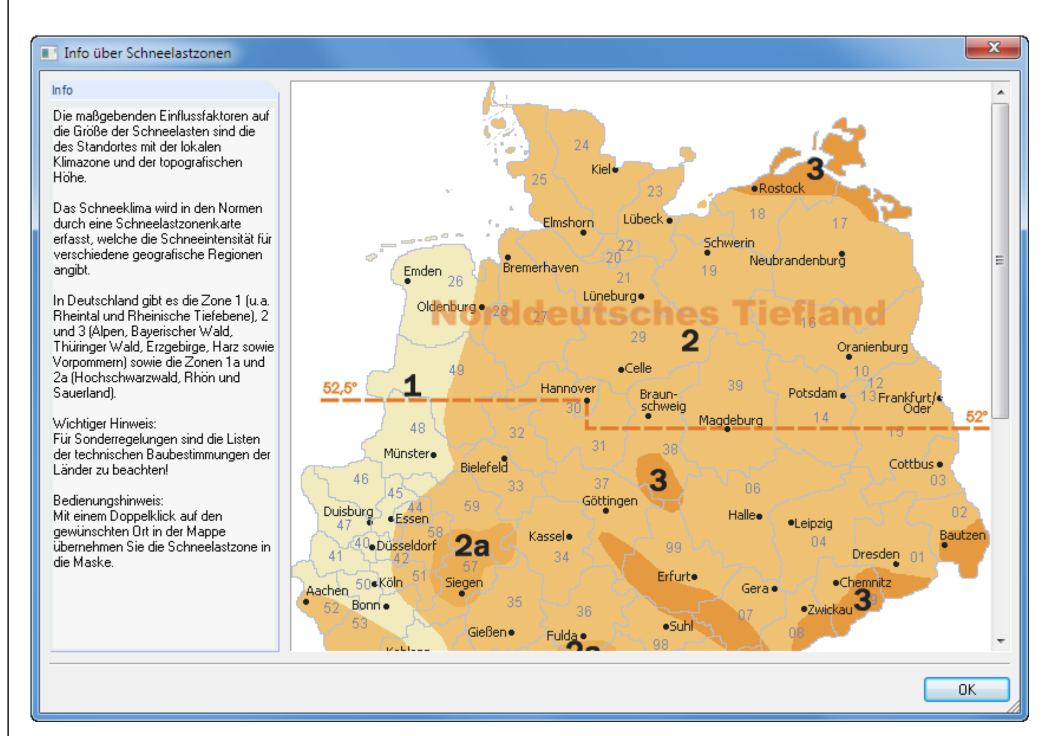


Bild 5.22: Schneelastzonenkarte für Deutschland

Für die Berücksichtigung der *Schneelast aus Überhang* gibt ein Fenster Aufschluss über die Gleichung, die zur Ermittlung dieser Zusatzlast verwendet wird.

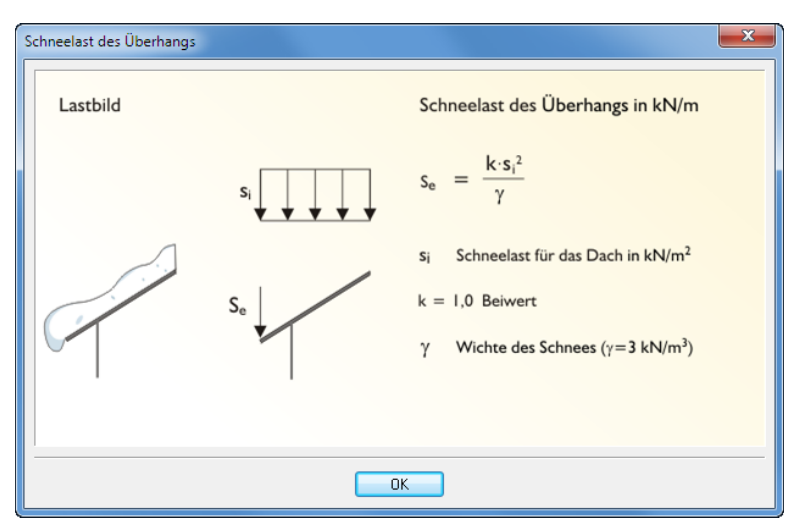


Bild 5.23: Dialog *Schneelast des Überhangs*





Wird eine *Schneelast auf Schneefanggitter* berücksichtigt, ist zusätzlich der *Abstand* a_R des Schneefanggitters vom Dachrand anzugeben.

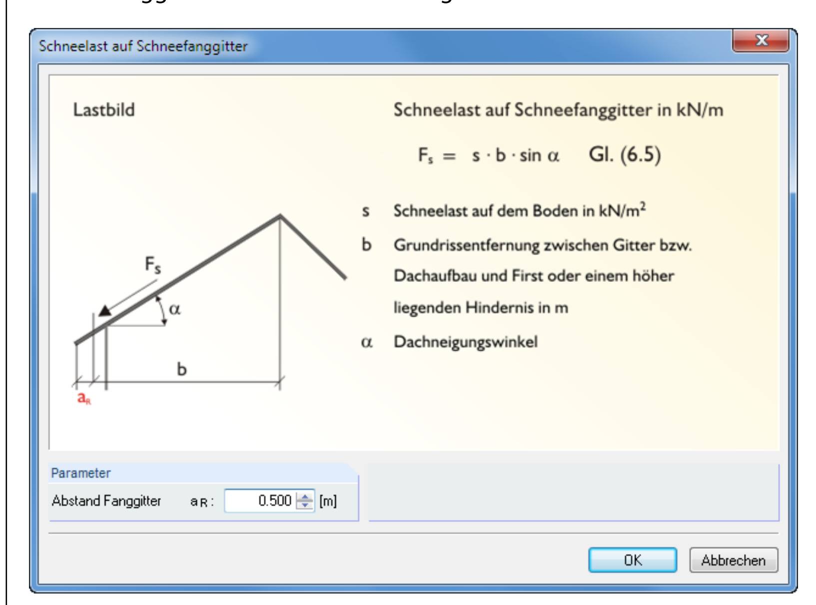


Bild 5.24: Dialog *Schneelast auf Schneefanggitter*

Die Schneelast, die sich aus der Geländehöhe und der Schneelastzone ergibt, wird zur Information in den deaktivierten Eingabefeldern des Bereichs *Manuell definieren* als Flächen- und als Streckenlast angezeigt. Dieser Wert entspricht der charakteristischen Schneelast s_k. Bei der damit generierten Schneelast wird zusätzlich der Formbeiwert nach [5] Absatz 4.2.5 bzw. [10] Absatz 6.3, Gleichung (6.5) berücksichtigt, weshalb der hier angezeigte Wert in der späteren Lastdarstellung nicht direkt wiederzufinden ist.

Manuell definieren

Wird das Auswahlfeld *Manuell definieren* aktiviert, kann die Schneelast entweder als Flächenlast s_k' oder als Streckenlast s_k eingegeben werden. Die jeweilige Umrechnung zwischen den Lasten erfolgt analog zur Ermittlung der Nutzlast p_k (siehe Gleichung 5.1, Seite 42).

Bei den generierten Lasten wird der entsprechende Formbeiwert ebenfalls berücksichtigt.

Windlast

Dieser Abschnitt verwaltet die Parameter zur automatischen Erzeugung der Windlastfälle. Die Generierung erfolgt nach den Regeln der DIN 1055-4 bzw. EN 1991-1-4.



Windlasten beziehen sich immer auf eine geschlossene Halle. Zusätzliche Windlasten, die bei ein- oder mehrseitig offenen Gebäuden auftreten, sind gesondert einzugeben. Zur Definition der Windlasten sind analog zu den Schneelasten zwei Möglichkeiten verfügbar: Die Lasten lassen sich entweder *Automatisch bestimmen* oder *Manuell definieren*.

Automatisch bestimmen



Bei der automatischen Generierung sind die *Windzone WZ* sowie die *Geländekategorie* GK anzugeben. Die Windzone lässt sich wie die Schneelastzone auch mit einem Doppelklick auf den entsprechenden Bereich der Windzonenkarte definieren, die über die [Info]-Schaltfläche zugänglich ist (siehe folgendes Bild).

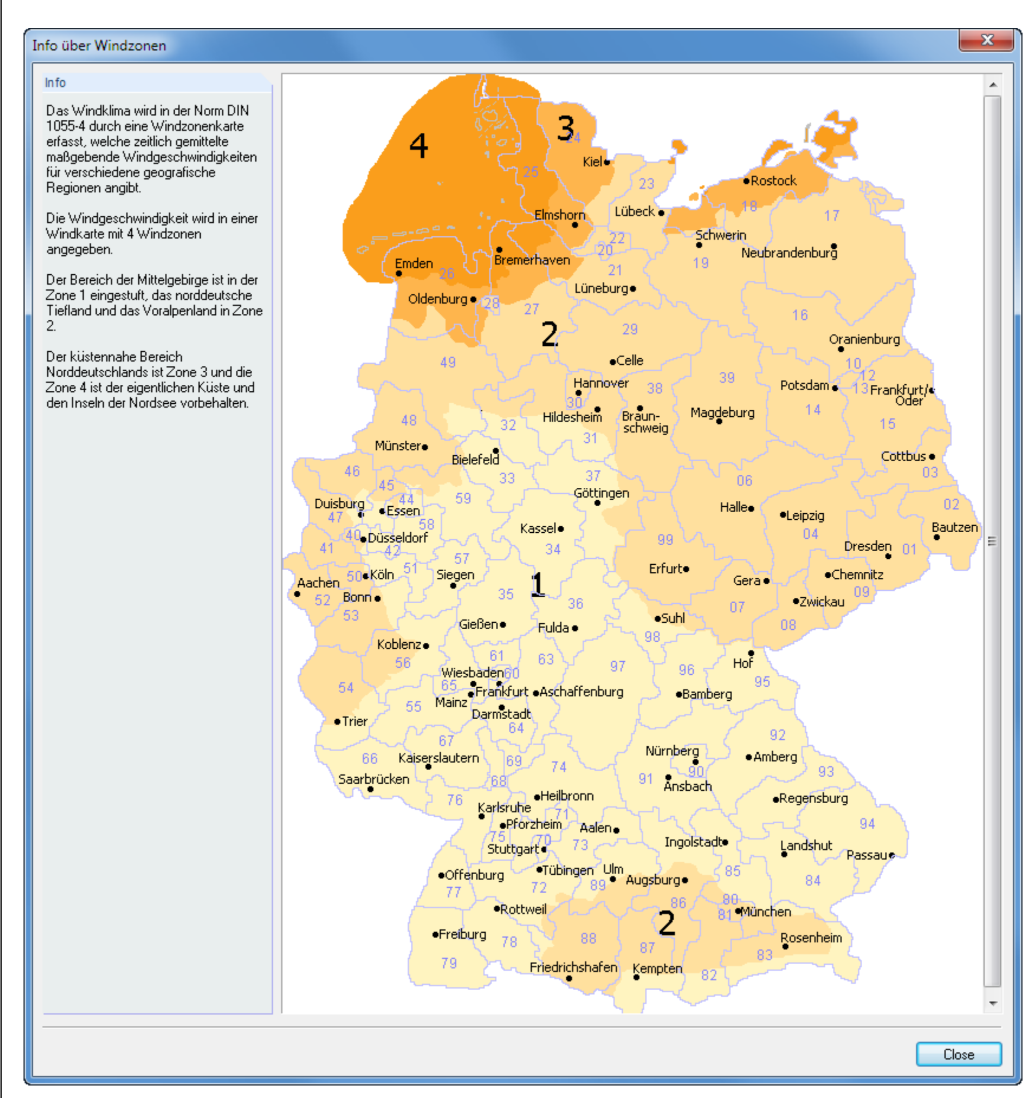


Bild 5.25: Windzonenkarte für Deutschland



Die Windzone gibt den *Grundwert der Basiswindgeschwindigkeit* $v_{b,0}$ nach [11] Absatz 4.2 vor. Über die Schaltfläche [Details] können die Geschwindigkeitsdruckbeiwerte beeinflusst werden. Es erscheint folgender Dialog.

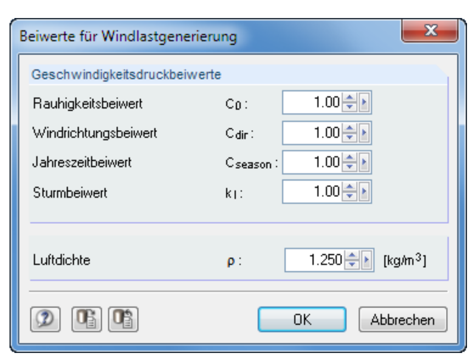


Bild 5.26: Dialog *Beiwerte für Windlastgenerierung* gemäß EN 1991-1-4

Über die Option *Baukörper mit durchlässigen Wänden* kann ein μ-Wert nach [4] Gleichung (19) bzw. [11] Gleichung (7.3) definiert werden, um zusätzliche abhebende Kräfte infolge durchlässiger Wände zu berücksichtigen. Bei einem Kragarm des Trägers wird der Lastfall „Unterwind" ebenfalls entsprechend der anschließenden Wandfläche ermittelt. Die Lastgenerierung kann aber nicht alle Bereiche und Sonderfälle nach [4] bzw. [11] berücksichtigen, sodass weitere



Einwirkungen aus solchen Lasten ggf. zusätzlich zu definieren sind (siehe folgenden Abschnitt *Generierte Lasten anzeigen / Zusätzliche Lasten definieren*).



Die Schaltfläche [Details] ruft einen Dialog auf, in dem die Parameter der Wände im Detail festgelegt werden können.

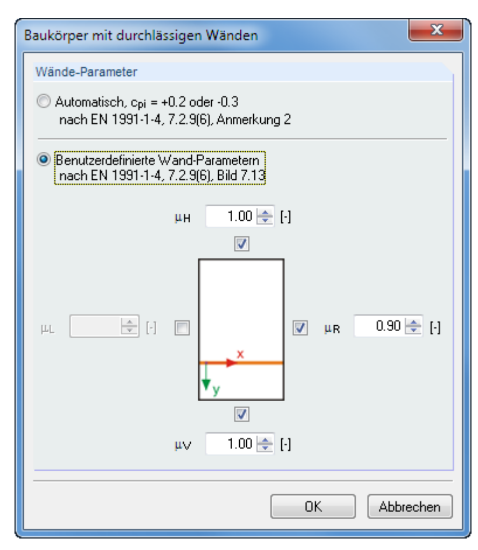


Bild 5.27: Dialog *Baukörper mit durchlässigen Wänden* gemäß EN 1991-1-4

Maßgebend für die Windlastgenerierung sind die Gebäudeabmessungen. Aus den in Maske 1.2 angegebenen Maßen werden die Bereiche F, G, H, I nach [4] bzw. [11] für den jeweiligen Trägertyp ermittelt und die Windlasten entsprechend generiert. Für die Bereiche, in denen sowohl Druck- als auch Sogkräfte angesetzt werden, erzeugt das Programm für jeden Windlastfall zwei Lastfälle mit jeweils Sog- oder Druckkräften.

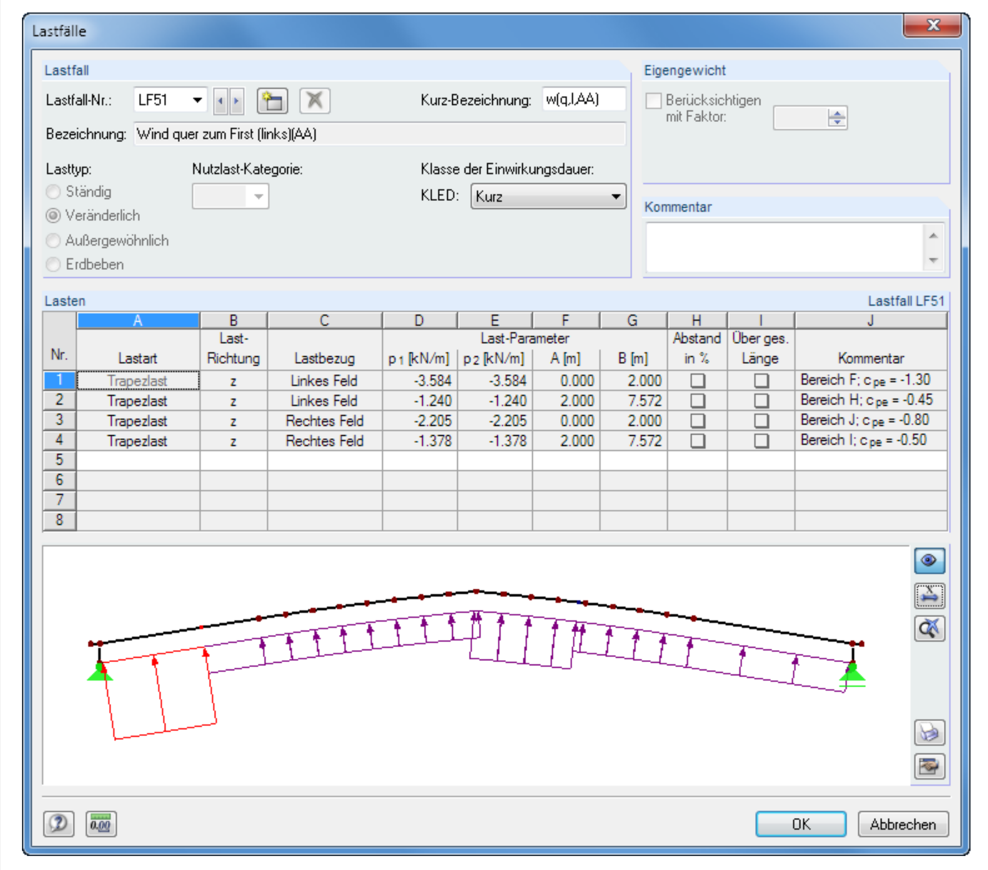


Bild 5.28: Windsog im Lastfall 51 (Fall AA)



Für Sonderregelungen sind – wie bei der Generierung der Schneelast – die Listen der technischen Baubestimmungen der Länder zu beachten.

Manuell definieren

Wird das Auswahlfeld *Spitzengeschwindigkeitsdruck manuell* aktiviert, kann die Windlast entweder als Flächenlast *q(z)'* oder als Streckenlast *q(z)* eingegeben werden. Die jeweilige Umrechnung zwischen den Lasten erfolgt analog zur Berechnung der Nutzlast p_k (siehe Gleichung 5.1, Seite 42).

Generierte Lasten anzeigen / Zusätzliche Lasten definieren

Generierte Lasten anzeigen...
bzw.
Zusätzliche Lasten definieren...

Die Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen bzw. Zusätzliche Lasten definieren] verschafft einen Einblick in die Lasten, die mit den Vorgaben der Maske 1.3 generiert werden. Es öffnet sich der Dialog *Lastfälle*.

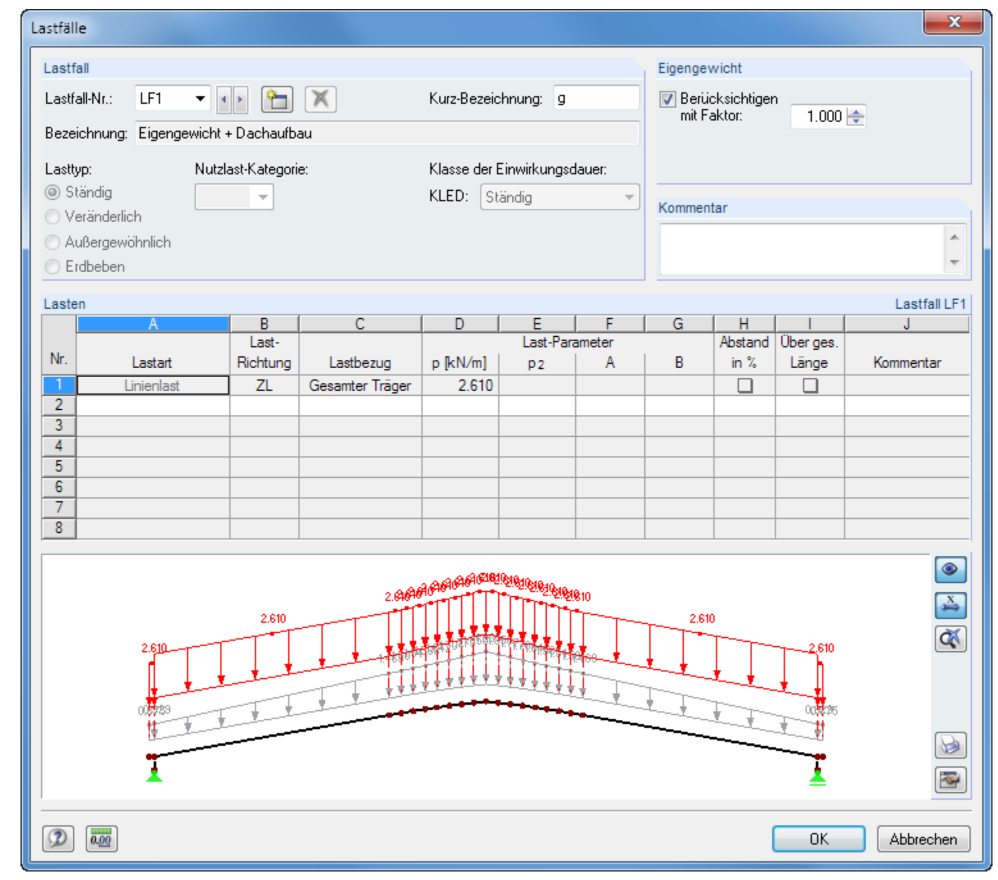
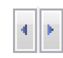
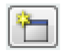


Bild 5.29: Dialog *Lastfälle*

Lastfall



In diesem Abschnitt kann in der Liste *Lastfall Nr.* ausgewählt werden, welcher Lastfall im unteren Abschnitt *Lasten* dargestellt werden soll. Mit den Schaltflächen [◄] und [►] kann zwischen den Lastfällen gewechselt werden.

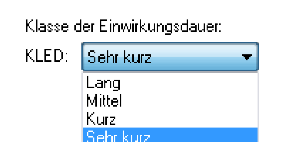


Über die Schaltfläche [Neu] lassen sich zusätzliche Lastfälle erstellen. Damit können Lasten berücksichtigt werden, die nicht automatisch generiert werden. Der Wert einer benutzerdefinierten Last ist als *Last-Parameter* in Spalte D anzugeben. Ab Seite 50 ist beschrieben, wie zusätzliche Lasten eingegeben werden können.



Zusätzliche Lastfälle lassen sich über die links gezeigte Schaltfläche wieder [Löschen]. Bitte beachten Sie, dass generierte Lastfälle weder gelöscht noch verändert werden können.





Die *Kurzbezeichnung* erleichtert den Überblick über die gebildeten Ergebniskombinationen (siehe Kapitel 7.1, Seite 61).

Die *Bezeichnung* bietet die Möglichkeit, die Last zu benennen. Diese Bezeichnung erscheint auch im Ausdruckprotokoll bei der Auflistung der Lastfälle.

Bei benutzerdefinierten Lastfällen ist der *Lasttyp* anzugeben. Zur Wahl stehen die Optionen *Ständig*, *Veränderlich*, *Außergewöhnlich* und *Erdbeben*. Bei veränderlichen Lasten lässt sich die *Nutzlast-Kategorie* analog zur Maske 1.3 und die *Klasse der Lasteinwirkungsdauer KLED* zuweisen.

Eigengewicht

Im Abschnitt *Eigengewicht* kann die Berücksichtigung des Eigengewichts deaktiviert oder mit einem Faktor skaliert werden. Als Standard ist der Faktor 1,0 eingestellt.

Kommentar

Jeder Lastfall kann mit einer benutzerdefinierten Anmerkung versehen werden.

Lasten

Im unteren Abschnitt werden die Lasten des oben eingestellten Lastfalls tabellarisch und grafisch dargestellt.

Im Lastfall 1 „Eigengewicht + Dachaufbau" wird das Eigengewicht grafisch dargestellt. In der Tabelle jedoch wird dieses nicht gesondert ausgewiesen. Dort finden sich lediglich die Lasten, die in der Maske 1.3 als Dachaufbau definiert wurden ($g_{k,2}$).

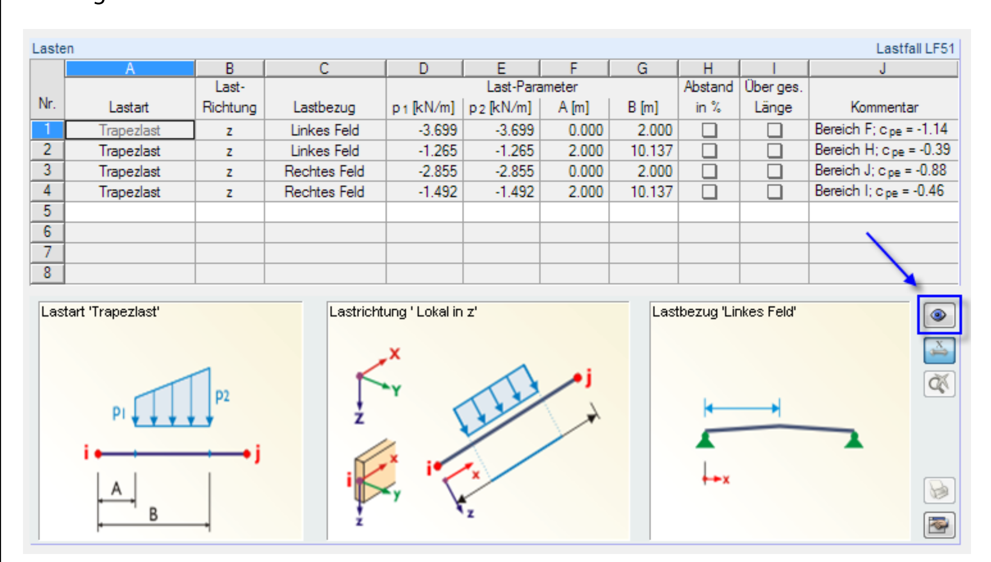


Die Werte der Schnee- und Windbelastung werden mit den entsprechenden Beiwerten generiert. Demzufolge zeigt die Grafik die tatsächlich am Träger angesetzte Belastung an.

Die Windbelastung wird in den einzelnen Lastfällen jeweils senkrecht und parallel zur Firstrichtung generiert. Wenn das Dach laut Norm sowohl auf Sog als auch auf Druck belastet werden kann, werden zwei separate Lastfälle für die gleiche Windrichtung generiert. Diese werden mit den Indizes *A* und *B* unterschieden.



Zur Veranschaulichung der Lastparameter lassen sich über die links dargestellte Schaltfläche die Erläuterungsgrafiken aktivieren. Ein erneuter Klick auf die Schaltfläche stellt die Ansicht der Lastengrafik wieder her.



Nr.	A Lastart	B Last-Richtung	C Lastbezug	D p1 [kN/m]	E p2 [kN/m]	F A [m]	G B [m]	H Abstand in %	I Über ges. Länge	J Kommentar
1	Trapezlast	z	Linkes Feld	-3.699	-3.699	0.000	2.000	☐	☐	Bereich F; c_{pe} = -1.14
2	Trapezlast	z	Linkes Feld	-1.265	-1.265	2.000	10.137	☐	☐	Bereich H; c_{pe} = -0.39
3	Trapezlast	z	Rechtes Feld	-2.855	-2.855	0.000	2.000	☐	☐	Bereich J; c_{pe} = -0.88
4	Trapezlast	z	Rechtes Feld	-1.492	-1.492	2.000	10.137	☐	☐	Bereich I; c_{pe} = -0.46
5										
6										
7										
8										

Bild 5.30: Dialog *Lastfälle*: Erläuterungsgrafiken für Lastparameter

Die Tabelle und die Grafik sind interaktiv: Wird eine Last in der Tabelle ausgewählt, so wird sie in der Grafik farbig hervorgehoben. Wählt man eine Last in der Grafik mit der Maus an, wird die entsprechende Tabellenzeile markiert.





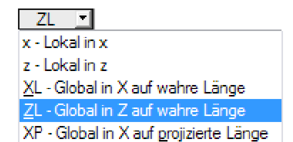
Zusätzliche Lasten definieren



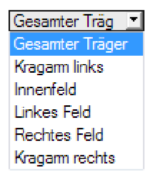
Zusätzliche Lasten können direkt in die nächste freie Tabellenzeile eingetragen werden. In der Regel jedoch ist ein Lastfall [Neu] anzulegen, um sie separat zu verwalten. Hierbei sind die Bezeichnungen, der Lasttyp sowie ggf. die Nutzlastkategorie und die KLED festzulegen.

Linienlast
Einzellast
Linienlast
Trapezlast
Temperaturänderung
Temperaturdifferenz
Einzelmoment
Linienmoment
Trapezmoment

In der Tabelle im Abschnitt *Lasten* (siehe Bild 5.30) ist in Spalte A die *Lastart* anzugeben. In der Liste stehen die links dargestellten Lastarten zur Auswahl. Wenn die Erläuterungsgrafiken angezeigt werden, erscheint im unteren Bereich jeweils eine Skizze, die die einzelnen **Parameter** für die Lastdefinition veranschaulicht. Je nach gewählter Lastart sind die weiteren Tabellenspalten in dieser Zeile aktiv oder inaktiv.



Bei der *Lastrichtung* wird zwischen drei Möglichkeiten unterschieden: Die Lasten lassen sich auf die lokalen Stabachsen bezogen, in Richtung der globalen Achsen auf die wahre Länge bezogen oder in Richtung der globalen Achsen auf die projizierte Länge bezogen definieren. Auch hier ist die Grafik im unteren Fensterbereich hilfreich.



Des Weiteren ist der *Lastbezug* festzulegen, d. h. auf welchen Trägerteil die Last wirken soll. Um die Eingabe auf Teilbereiche zu vereinfachen, stehen folgende Varianten zur Verfügung: Gesamter Träger, Innenfeld, linkes / rechtes Feld, Kragarm links / rechts. Die *Kragarm*-Optionen werden nur bei entsprechender Trägergeometrie angeboten.

Um Lasten auf beliebigen Teilbereichen eines Trägers anzuordnen, sind Linienlasten als Trapezlasten und Linienmomente als Trapezmomente zu definieren. Nur bei diesen Lastarten können die Anfangs- und Endpunkte der Last frei festgelegt werden. Zur Kontrolle der Eingabe sollte stets die Grafik der Lasten aktiviert werden.

In den Spalten D bis I können die Lasten entsprechend der gewählten Lastart eingegeben werden. Für Trapezlasten besteht die Möglichkeit, die Last mit der Option *Über gesamte Länge* auf den ganzen Träger aufzubringen. Anderenfalls müssen die Start- und Endpunkte (*A* und *B*) der Last sowie die entsprechenden Lastwerte p_1 und p_2 festgelegt werden.



Die links dargestellte Schaltfläche ermöglicht das Ein- und Ausblenden der Lastwerte in der Grafik der Lasten.

Bestimmte Teilbereiche der Grafik lassen sich über die Zoom-Funktion genauer betrachten: Durch einen einfachen Mausklick in die Grafik und anschließendes Drehen des Scrollrades kann die Ansicht der Grafik verkleinert bzw. vergrößert werden.



Das Scrollrad der Maus ist auch als „Taster“ verwendbar: Die Grafik kann durch Gedrückthalten des Scrollrades beliebig in ihrem Fenster verschoben werden. Wenn dabei zusätzlich die [Strg]-Taste gedrückt wird, kann der Träger in isometrischer Ansicht betrachtet werden.



Ein Klick auf die Schaltfläche [Zoom aufheben] stellt die Grafik wieder in ihrem Ursprungszustand dar.

Am Ende der Eingabe muss der Dialog *Lastfälle* mit [OK] beendet werden, damit die Änderungen übernommen werden. [Abbrechen] beendet den Dialog, ohne die Änderungen zu speichern. Alle Änderungen seit Öffnen des Dialogs gehen dadurch verloren.

RF-KOMBI

RF-KOMBI

Die Schaltfläche [RF-KOMBI] ermöglicht den Zugang zum Modul RF-KOMBI, das für die Kombinatorik der Lastfälle nach [2] bzw. [9] zuständig ist. Normalerweise sind dort keine Änderungen erforderlich, denn die Erstellung der Kombinationen wird auch für benutzerdefinierte Lasten automatisch im Hintergrund durchgeführt. Die Schaltfläche kann daher in der Regel benutzt werden, um das Zustandekommen der Kombinationen nachzuvollziehen.

Einen tieferen Einblick in die Möglichkeiten von RF-KOMBI bietet das Handbuch zu diesem Modul, das unter www.dlubal.de zum Download bereitliegt.





5.4 Steuerungsparameter

In Maske 1.4 *Steuerungsparameter* können verschiedene Einstellungen zur Berechnung vorgenommen werden.

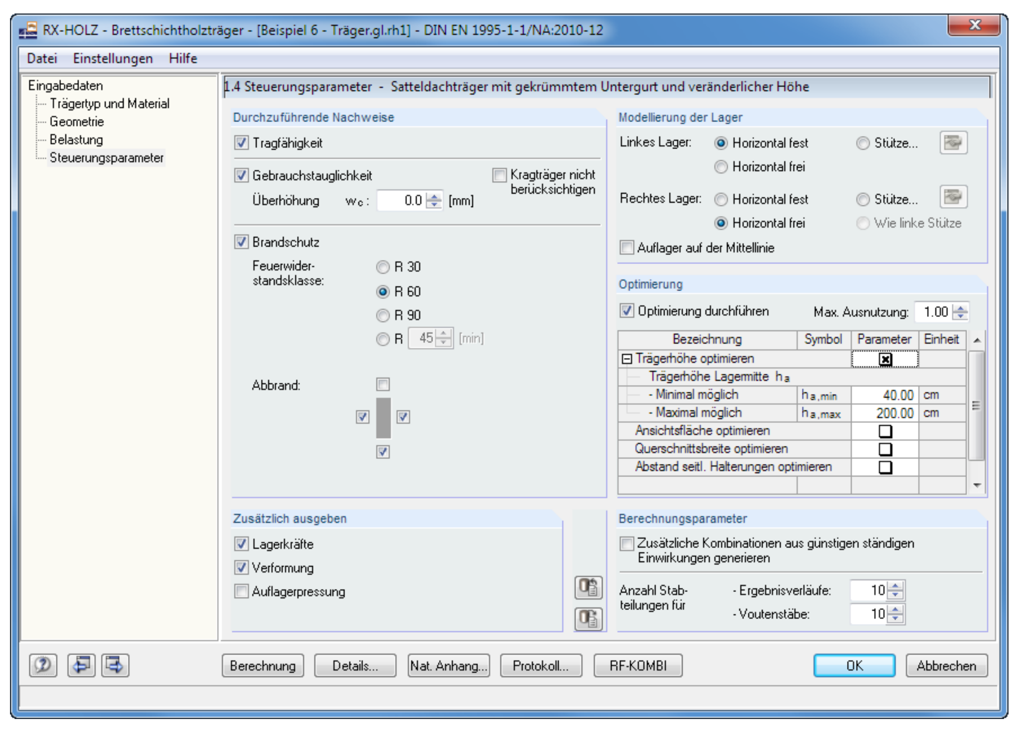


Bild 5.31: Maske 1.4 *Steuerungsparameter*

Durchzuführende Nachweise

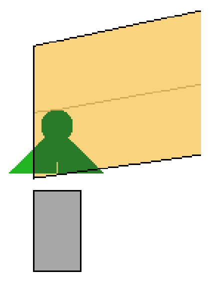
Dieser Abschnitt steuert, welche Nachweise geführt werden. Die Nachweise der *Tragfähigkeit* und der *Gebrauchstauglichkeit* sind voreingestellt.

Für die Gebrauchstauglichkeitsnachweise kann eine angenommene *Überhöhung* des Trägers berücksichtigt werden, die hier als w_c bzw. w_0 vorzugeben ist. Optional lässt sich die Untersuchung für *Kragträger* unterbinden.

Durch Aktivierung der Option *Brandschutz* werden die Parameter für die Brandbemessung zugänglich. Die Branddauer ist anhand einer der Feuerwiderstandklassen (R 30, R 60, R 90) oder benutzerdefiniert festzulegen. Unterhalb können in der Skizze die Trägerseiten festgelegt werden, für die ein *Abbrand* berücksichtigt werden soll.



Modellierung der Lager



In diesem Abschnitt sind die Lagerungsbedingungen des Trägers anzugeben. Für eine erfolgreiche Berechnung muss das Lager mindestens auf einer Seite als *Horizontal fest* definiert bzw. über die Option *Stütze* über eine biegesteife Stütze gehalten sein.

Im Standardfall werden die Lager exzentrisch angesetzt. Damit wird das wandartige Tragverhalten der meist schlanken und hohen Träger berücksichtigt. Mit der Option *Auflager auf der Mittellinie* lassen sich die Lager in die Schwerachse des Stabes verschieben (siehe Skizze links), um die hohen Randmomente infolge einer Druckkraft zu reduzieren oder eliminieren.



Die Stützenparameter können über die Schaltfläche [Bearbeiten] angegeben werden. Es öffnet sich folgender Dialog.



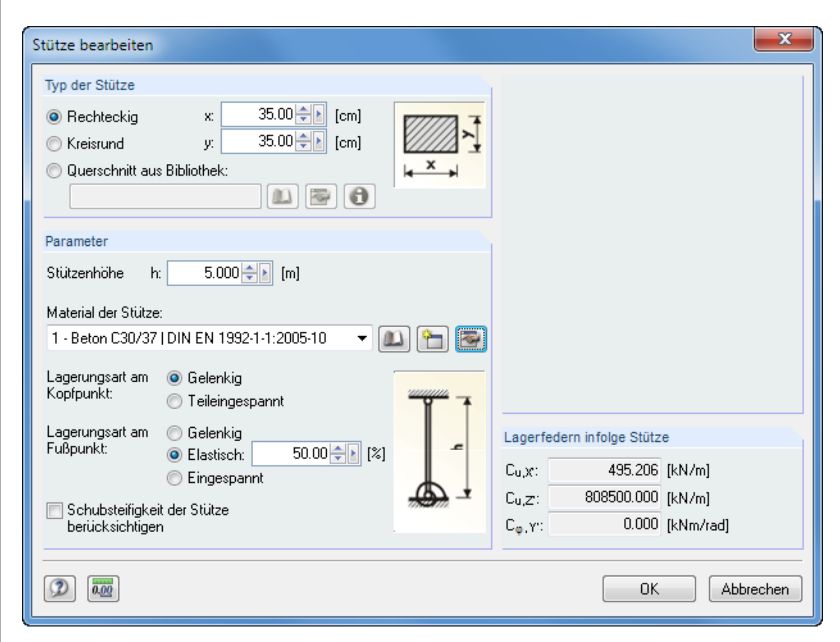


Bild 5.32: Dialog *Stütze bearbeiten* zur Ermittlung der Lagerfedern



Im Abschnitt *Typ der Stütze* stehen die Varianten *Rechteckig* und *Kreisrund* für die direkte Geometrieeingabe zur Wahl. Die Parameter sind in der Grafik rechts symbolisiert. Bei speziellen Stützenquerschnitten ermöglicht die Option *Querschnitt aus Bibliothek* den Zugriff auf eine umfangreiche Querschnittsdatenbank.

Die Angaben im Abschnitt *Parameter* zu *Stützenhöhe* und *Material* sowie zur *Lagerungsart* üben einen großen Einfluss auf die Ermittlung der Lagerfedern aus. Während am Stützenfuß zwischen drei Lagerungsarten gewählt werden kann, ist am Stützenkopf nur ein gelenkiger Anschluss oder eine Teileinspannung möglich: Die Federsteifigkeit am Lager wird aus Sicht des Trägers ermittelt. Da die Stütze keine vollständige Einspannung bieten kann, wird bei der Option *Teileingespannt* die Drehfedersteifigkeit der definierten Stütze angesetzt.

Aus den angegebenen Werten werden die Federsteifigkeiten in X- und Z-Richtung ermittelt, die anschließend als Lagerbedingungen für die Berechnung angesetzt werden. Im Abschnitt *Lagerfedern infolge Stütze* werden die berechneten Federkennwerte angezeigt.



Die Option *Wie linke Stütze* in Maske 1.4 (Bild 5.31) übernimmt die Stützendefinition auch für das rechte Lager. Die Werte der linken Stütze sind dann im Dialog *Stütze bearbeiten* voreingestellt und können ggf. angepasst werden.

Optimierung

Dieser Abschnitt steuert, ob und in welcher Weise RX-HOLZ für den Trägerquerschnitt eine *Optimierung durchführen* soll. Die Optimierung kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen: Entsprechend des Trägertyps kann die *Trägerhöhe*, *Ansichtsfläche* oder *Querschnittsbreite* angepasst werden.

Als Ziel der Optimierung ist eine *Max. Ausnutzung* von 100 % voreingestellt. Im Eingabefeld kann ggf. eine andere Obergrenze festgelegt werden.

Bei der Optimierung der *Trägerhöhe* sind die Ober- und Untergrenzen für die Höhe in Lagermitte festzulegen. Zur Optimierung der *Ansichtsfläche* können mehrere Randbedingungen definiert werden (Trägerhöhe in Lagermitte und am First, Krümmungsradius, Untergurtneigung etc.) Durch eine Eingrenzung der Parameter lässt sich die Optimierung beschleunigen.

Die *Querschnittsbreite* kann innerhalb benutzerdefinierter Grenzwerte optimiert werden. Als *Schrittweite* ist die in Maske 1.2 gewählte Lamellendicke voreingestellt, die bei Bedarf angepasst werden kann. Je nach Trägertyp unterscheidet sich die Vorgehensweise.



Für den Kippnachweis ist der *Abstand seitlicher Halterungen* bedeutsam. Bei stabilitätsgefährdeten Trägern kann dieser Abstand innerhalb bestimmter Grenzen und einer benutzerdefinierten Schrittweite optimiert werden, um den Nachweis zu erfüllen.

Zusätzlich ausgeben

Die Kontrollfelder steuern, ob *Lagerkräfte*, *Verformung* und *Auflagerpressung* in separaten Ausgabemasken erscheinen. Bei der Bemessung nach DIN 1052:2008-12 ist auch ein *Schwingungsnachweis* möglich.

Die Anzahl der Ergebnismasken hängt davon ab, welche Nachweise und Ausgaben in diesem Abschnitt angehakt sind.

Berechnungsparameter

Die Vorgaben dieses Abschnitts beeinflussen die Anzahl der generierten Ergebniskombinationen sowie die Genauigkeit der Berechnung.

Die Option *Zusätzliche Kombinationen aus günstigen ständigen Einwirkungen generieren* bewirkt, dass günstig und ungünstig wirkende ständige Einwirkungen unterschieden und mit unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerten berücksichtigt werden. Damit erhöht sich zwangsläufig die Anzahl der generierten Kombinationen.

Die Vorgaben der *Anzahl Stabteilungen für Ergebnisverläufe* steuert, wie viele x-Stellen am längsten Stab im System angesetzt werden. Diese Teilungslänge gilt dann auch für die x-Stellen aller anderen Stäbe im Modell. Die x-Stellen sind die Stellen am Träger, an denen die Nachweise erfolgen. Der voreingestellte Teilungswert *10* für die Ergebnisverläufe hat sich als guter Kompromiss zwischen Rechengenauigkeit und -geschwindigkeit erwiesen.

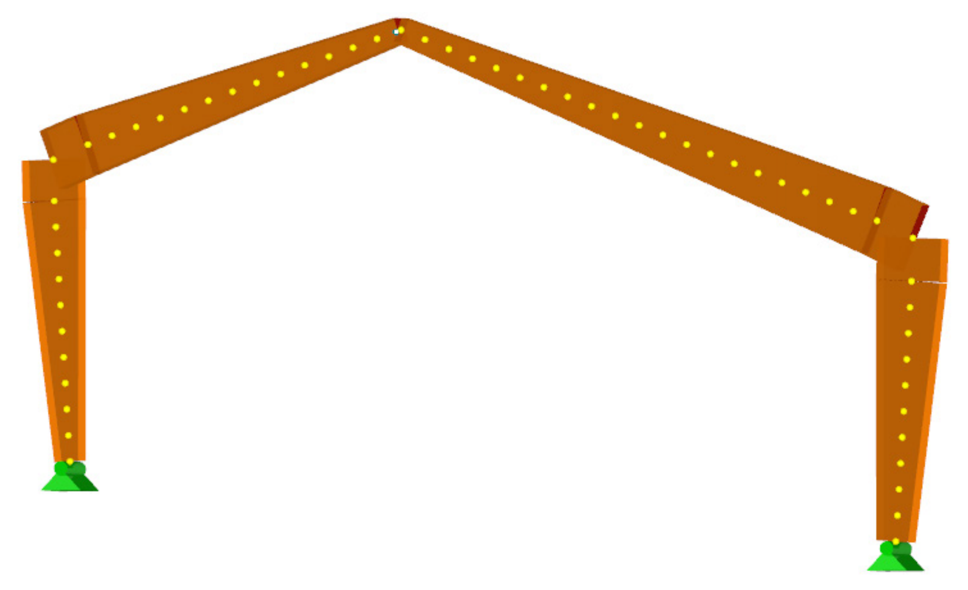


Bild 5.33: Prinzip der Stabteilungen für Ergebnisverläufe

Um für *Voutenstäbe*, die meist relativ kurz sind, eine ausreichende Wertemenge für die Berechnung zu erhalten, kann die interne Teilung für Vouten gesondert festgelegt werden. Dieser Teilungswert ist ebenfalls mit *10* voreingestellt. Durch diese Einstellung erhöht sich nicht die Anzahl der ausgegebenen Ergebnisse, sondern es wird lediglich die Teilungslänge für die interne Berechnung der Schnittgrößen reduziert.



6. Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden. Die Nachweise erfolgen mit den in RF-KOMBI generierten Ergebniskombinationen. Vorher empfiehlt sich, noch die Einstellungen zu den Berechnungsdetails und zur gewählten Norm zu überprüfen.

6.1 Berechnungsdetails

Details...

In jeder Maske kann mit der Schaltfläche [Details] der gleichnamige Dialog zur Kontrolle wichtiger Bemessungsparameter aufgerufen werden. Der Dialog ist an die Norm bzw. den gewählten Nationalen Anhang angepasst. Bild 6.1 zeigt den *Details*-Dialog für EN 1995-1-1 mit dem Nationalen Anhang für Deutschland.

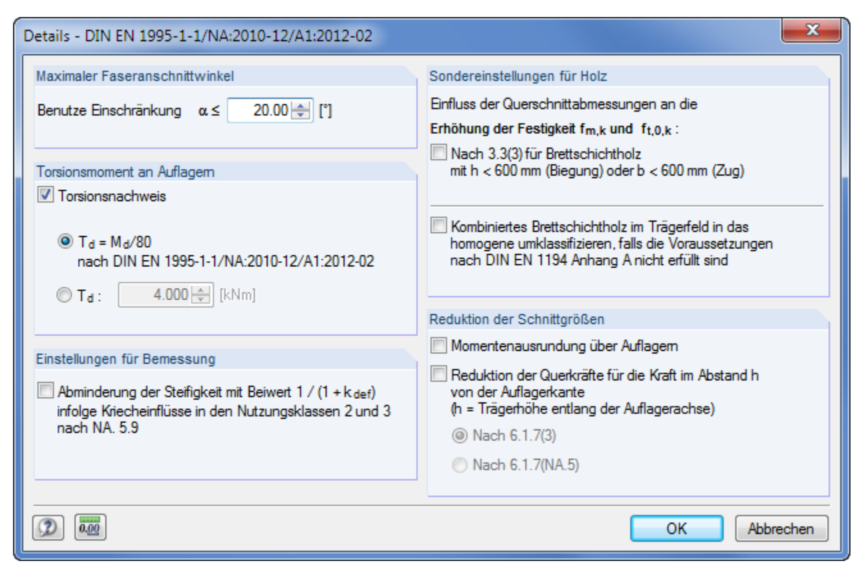


Bild 6.1: Dialog *Details* nach DIN EN 1995-1-1 für RX-HOLZ Brettschichtholzträger

Maximaler Faseranschnittswinkel

EN 1995-1-1 nennt keine Begrenzung des Faseranschnittswinkels. In DIN 1052 hingegen ist dieser Winkel auf 10° begrenzt, da die Gleichungen der Norm nur für Winkel bis 10° gelten. In diesem Abschnitt kann der Grenzwert benutzerdefiniert festgelegt werden. Die Voreinstellung in RX-HOLZ beträgt 20°.

Torsionsmoment an Auflagern

Der Torsionsnachweis an den Lagern ist nach [7] NAD für Deutschland deutlich entschärft: Der Nachweis ist nur zu führen, wenn die Schlankheit größer als 225 ist. RX-HOLZ prüft diese Voraussetzung automatisch ab.

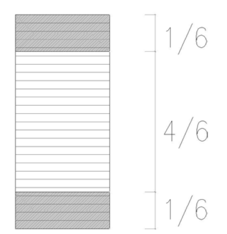
Bei der Bemessung nach DIN 1052 besteht zusätzlich die Möglichkeit, die Seitenlasten der Binder als stabilisierend anzusetzen (siehe Erläuterungen zu DIN 1052).

Wurde das Torsionsmoment T_d manuell ermittelt, kann es auch direkt eingetragen werden. Das Moment wird dabei als Kosinus-Funktion von den Auflagern abfallend angesetzt.

Sondereinstellungen für Holz

Bei gedrungenen Trägern (Höhe h < 600 mm) ist es in vielen Bemessungsnormen gestattet, die Festigkeitswerte des Materials zu erhöhen: Bei Brettschichtholz wird davon ausgegangen, dass sich die Schwächung des Materials durch die Keilzinkung nicht so stark auswirkt.





Ist das Kontrollfeld *Kombiniertes Brettschichtholz in homogenes umwandeln* angehakt, so prüft das Programm an jeder Bemessungsstelle, ob geometrisch die Bedingungen für kombiniertes Brettschichtholz vorliegen. Falls die höhere Festigkeit in den beiden Randbereichen von 1/6 oben und unten nicht eingehalten ist, wählt RX-HOLZ automatisch die nächstniedrigere Festigkeitsklasse aus und gibt eine entsprechende Meldung aus. Es kann dann entweder in den kritischen Bereichen eine höhere Materialgüte gewählt oder mit reduzierten Festigkeiten bemessen werden.

Reduktion der Schnittgrößen

Mit den Optionen dieses Abschnitts können Momente und Querkräfte im Auflagerbereich reduziert werden. Die Abminderung des Stützmoments durch eine *Momentenausrundung* ist nur möglich, wenn ein Mehrfeldträger oder Kragarm vorliegt.

Da nach EN 1995-1-1 nur die Reduzierung von Einzellasten im Auflagerbereich möglich ist, wird die Option zur Reduzierung von Querkräften bei Streckenlasten nicht angezeigt. Die Forderung nach einer kompletten Reduzierung der Einzellasten kann von RX-HOLZ nicht umgesetzt werden, da eine getrennte Berechnung von Schnittgrößen erforderlich wäre.

Das folgende Bild zeigt den *Details*-Dialog des Programms RX-HOLZ Durchlaufträger für die Bemessung nach DIN 1052.

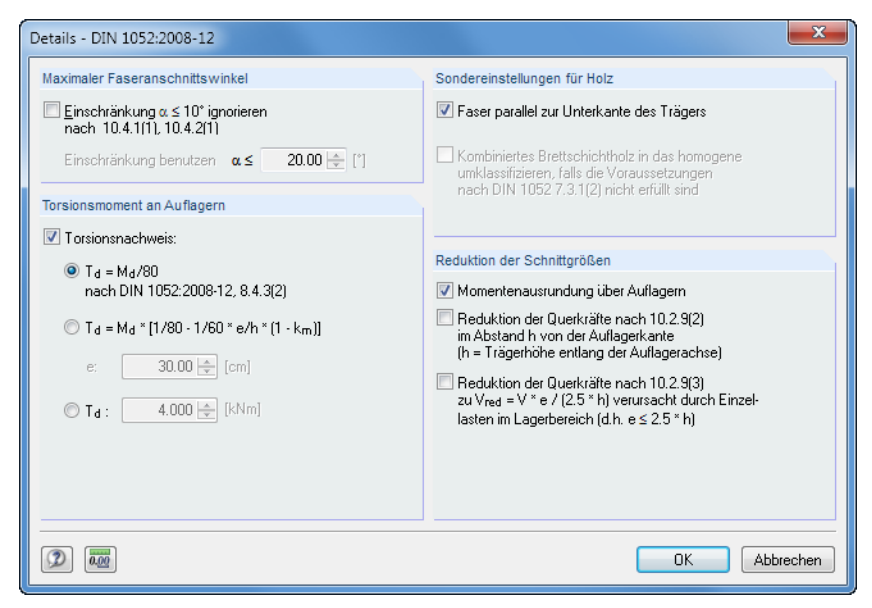


Bild 6.2: Dialog *Details* nach DIN 1052 für RX-HOLZ Durchlaufträger

Im Abschnitt *Sondereinstellungen für Holz* kann angegeben werden, ob die *Faser parallel zur Unterkante des Trägers* ausgerichtet ist. Die übrigen Einstellmöglichkeiten sind auf die Norm DIN 1052 abgestimmt. Sie entsprechen den im Bild 6.1 dargestellten Optionen.



6.2 Norm und Nationaler Anhang



Die Schaltfläche [Nationaler Anhang] bietet Zugang zu wichtigen Bemessungsparametern wie z. B. Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerten oder Grenzwerten der Verformungen. Der Dialog ist an die Norm bzw. den gewählten Nationalen Anhang angepasst. Das folgende Bild zeigt die Parameter für EN 1995-1-1 mit dem Nationalen Anhang für Deutschland.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist der *Parameter*-Dialog in drei Register unterteilt.

6.2.1 Allgemeine Parameter

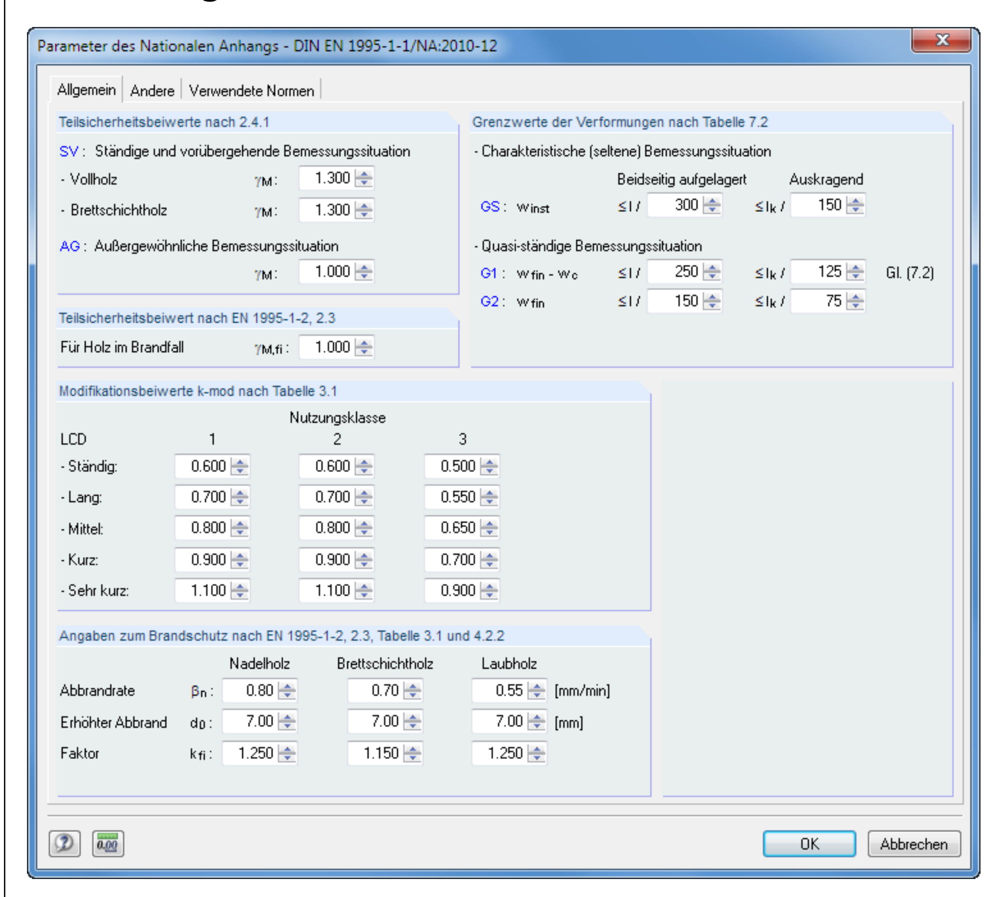


Bild 6.3: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*, Register *Allgemein*

Teilsicherheitsbeiwerte

In diesem Abschnitt können die Teilsicherheitsbeiwerte der Materialfestigkeiten für die verschiedenen Bemessungssituationen überprüft und ggf. angepasst werden. Die Faktoren sind nach den Vorgaben der Norm voreingestellt, die in Maske 1.1 *Basisangaben* gewählt wurde.

Grenzwerte der Verformungen

Die Grenzwerte der Verformung können für den Gebrauchstauglichkeitsnachweis individuell angepasst werden, sodass die Bemessung nach den Vorschriften unterschiedlicher Regelwerke möglich ist.

Die zulässigen Durchbiegungen können gesondert für die einzelnen Bemessungssituationen und Randbedingungen (Feld, Kragträger) festgelegt werden.



Modifikationsbeiwerte k_{mod}

Um die feuchtigkeitsabhängige Langzeitauswirkung von Holz zu berücksichtigen, können die Modifikationsbeiwerte angepasst werden. Diese sind von der Nutzungsklasse und der Klasse der Lasteinwirkungsdauer abhängig. Die Rechenwerte der Modifikationsbeiwerte sind in [1] Tabelle F.1 und [7] Tabelle 3.1 geregelt.

Angaben zum Brandschutz

Die Nachweise werden nach dem vereinfachten Verfahren nach [6] Absatz 5.5.2.1 a) bzw. [8] Absatz 2.3, 3.4.2 und 4.2.2 geführt. Die vorgegebenen Werte für β_n, d_0 und k_{fi} gelten für Brettschichtholz und brauchen daher im Regelfall nicht verändert zu werden.

6.2.2 Andere Parameter

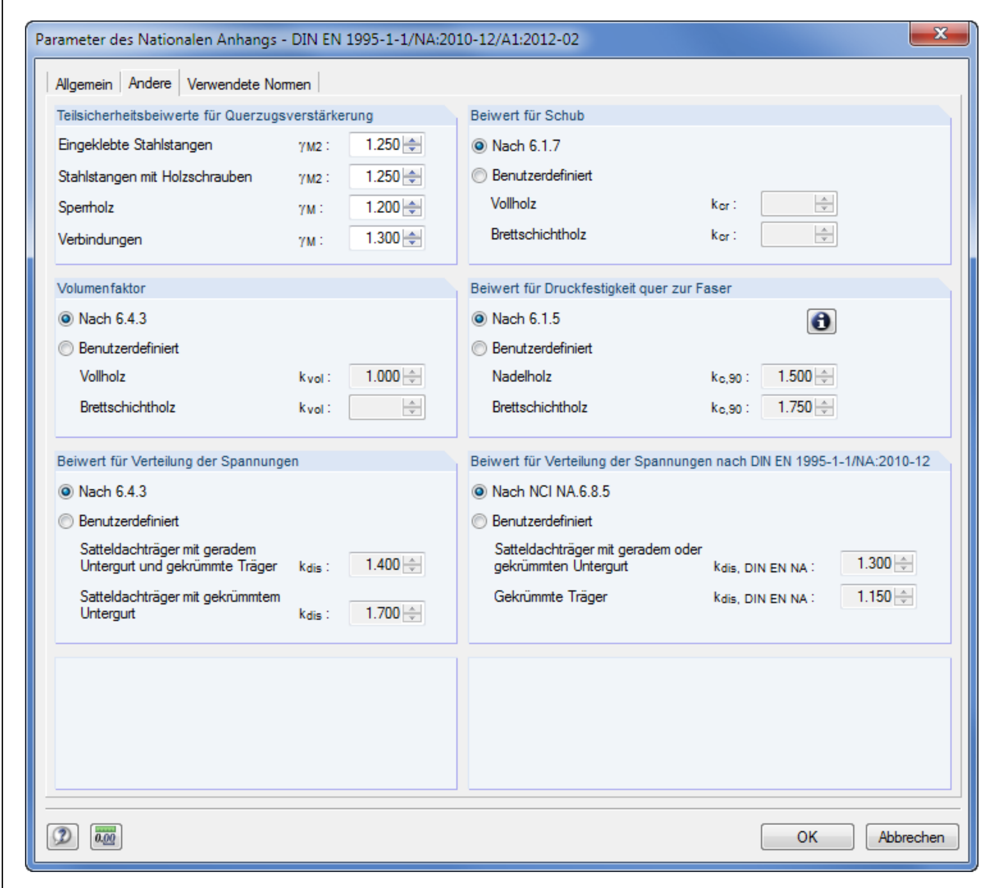


Bild 6.4: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*, Register *Andere*

Teilsicherheitsbeiwerte für Querzugverstärkung

Dieser Abschnitt steuert die Teilsicherheitsfaktoren, die für die verschiedenen Varianten von Querzugverstärkungen (siehe Kapitel 5.1, Seite 32) zu berücksichtigen sind.

Es sind die in der Norm empfohlenen Teilsicherheitsbeiwerte für Baustoffeigenschaften und Beanspruchbarkeiten voreingestellt (z. B. EN 1995-1-1, Tabelle 2.3).

Beiwert für Schub

Für Schubbeanspruchungen in Faserrichtung und rechtwinklig zur Faserrichtung sind gemäß EN 1995-1-1, Absatz 6.1.7 spezifische Bedingungen einzuhalten.

Der Beiwert k_{cr} kann *Benutzerdefiniert* für Vollholz und Brettschichtholz angegeben werden. In vielen Ländern liegt noch keine einheitliche Materialnorm vor, die diese Festigkeit regelt.



Volumenfaktor

Bei Brettschichtholzträgern kann in diesem Abschnitt der Volumenfaktor k_{vol} für Voll- und Brettschichtholz angepasst werden. Die entsprechenden Normvorgaben finden sich in EN 1995-1-1, Absatz 6.4.3 (6).

Beiwert für Druckfestigkeit quer zur Faser

Im Nachweis der Auflagerpressung wird mit dem Beiwert $k_{c,90}$ (siehe EN 1995-1-1, Absatz 6.1.5) die Druckfestigkeit rechtwinklig zur Faserrichtung angepasst. Bei der Standardeinstellung nach Normvorgabe erhöht RX-HOLZ die Festigkeit entsprechend der Materialsorte und der Belastungssituation. Da es in manchen Ländern jedoch üblich ist, generell mit einer Erhöhung der Festigkeit von 75% zu rechnen, kann der Beiwert benutzerdefiniert eingestellt werden.

Über die [Info]-Schaltfläche sind weitere Informationen zur Ermittlung des Beiwerts zugänglich.

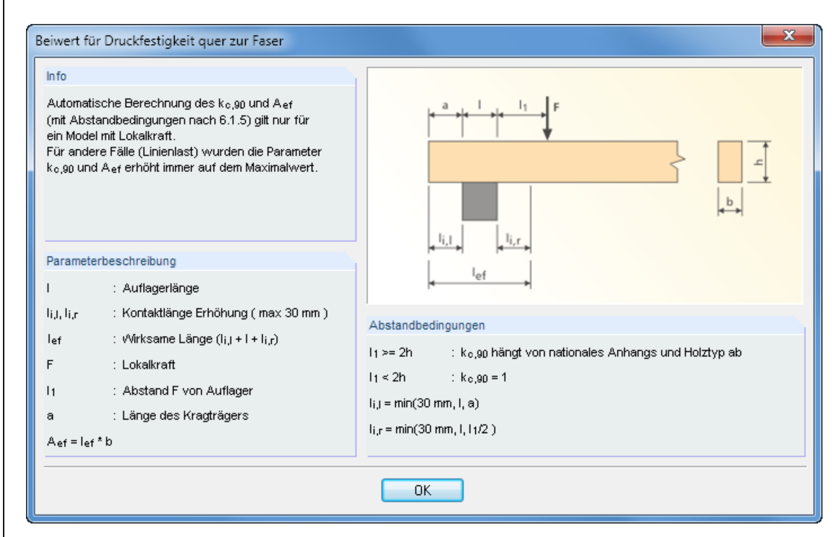


Bild 6.5: Dialog *Beiwert für Druckfestigkeit quer zur Faser*

Beiwert für Verteilung der Spannungen

Bei Brettschichtholzträgern können in diesen Abschnitten die Beiwerte zur Berücksichtigung der Spannungsverteilung im Firstbereich k_{dis} angepasst werden. Die entsprechenden Normvorgaben finden sich in EN 1995-1-1, Absatz 6.4.3 (6) und den Nationalen Anhängen.

6.2.3 Verwendete Normen

Das letzte Register listet alle Regelwerke auf, die für die Generierung der Lasten und für die Bemessung nach der gewählten Norm relevant sind.



6.3 RF-KOMBI

RF-KOMBI

Das Modul RF-KOMBI ist in RX-HOLZ integriert. Damit lassen sich sämtliche Ergebniskombinationen automatisch generieren. Das Modul wird über die Schaltfläche [RF-KOMBI] gestartet.

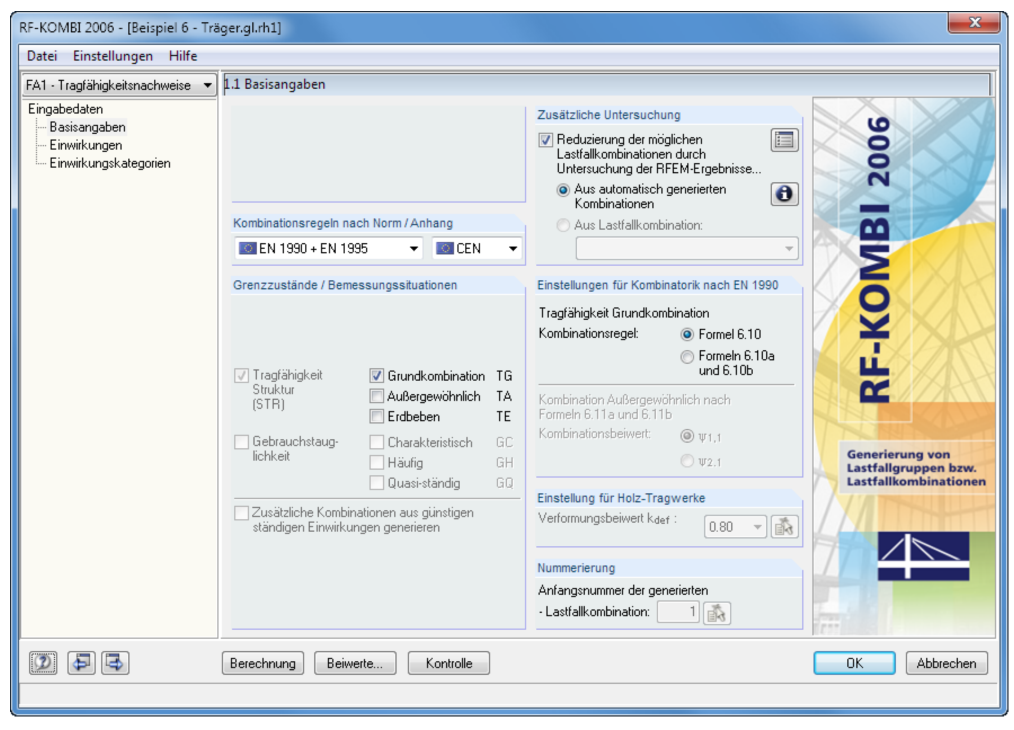


Bild 6.6: RF-KOMBI Maske 1.1 *Basisangaben*

Um keine unnötig hohe Anzahl an Ergebniskombinationen zu erzeugen, empfiehlt es sich, in Maske 1.1 *Basisangaben* im Abschnitt *Zusätzliche Untersuchung* eine *Reduzierung der möglichen Ergebniskombinationen* zu aktivieren. Dadurch wird gewährleistet, dass die Ergebnisse von RF-KOMBI alle maßgebenden Ergebniskombinationen umfassen, jedoch nicht mehr Lastfälle als erforderlich generiert werden.



Nähere Informationen zum Modul RF-KOMBI finden Sie im Handbuch zu diesem Programm, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt.

Berechnung

Nach der [Berechnung] können die Ergebnisse der Kombinatorik überprüft werden: Die generierten Ergebniskombinationen werden in drei Ergebnismasken nach verschiedenen Kriterien geordnet präsentiert.



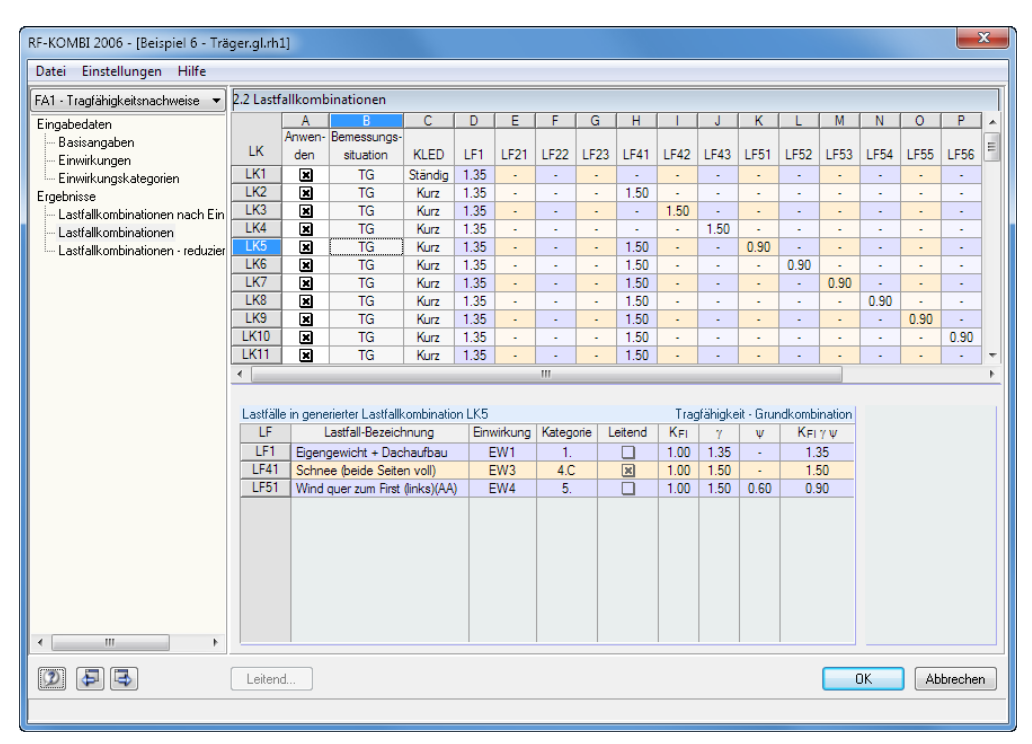


Bild 6.7: RF-KOMBI Maske 2.2 *Ergebniskombinationen*

Mit [OK] erfolgt die Rückkehr in das Programm RX-HOLZ.

6.4 Berechnung

Berechnung

In jeder Eingabemaske von RX-HOLZ kann die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden. Während der Berechnung zeigt das Fenster *FE-Berechnung* einige Informationen zum aktuellen Berechnungsstatus an.

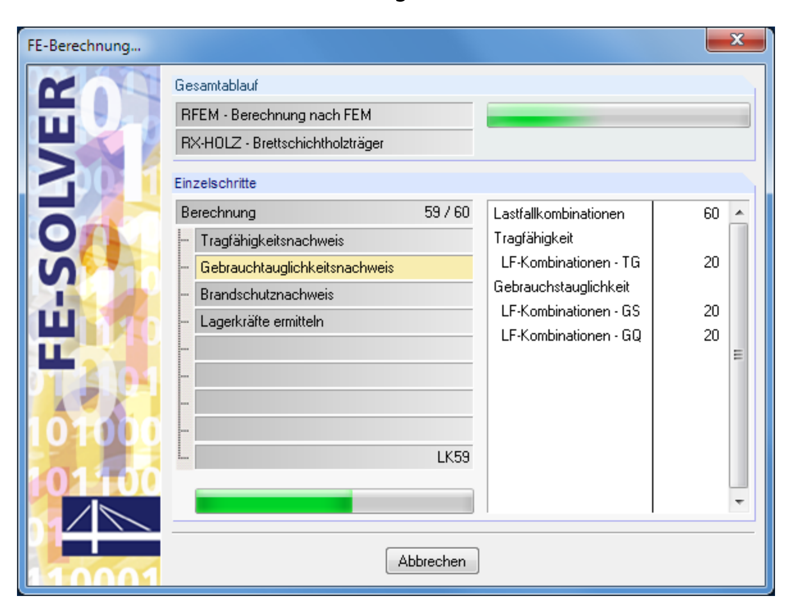


Bild 6.8: Fenster *FE-Berechnung*

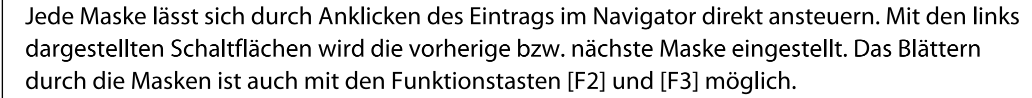
Nach der erfolgreichen Berechnung erscheint die Ergebnistabelle 2.1 *Ergebniskombinationen* (siehe Bild 7.1).



7. Ergebnisse

Die Nachweise sind in den Ergebnismasken 2.1 bis 2.3 nach verschiedenen Kriterien sortiert. Die Masken 2.4 und 2.5 listen die Lagerkräfte und die Verformungen auf.





Jede Maske lässt sich durch Anklicken des Eintrags im Navigator direkt ansteuern. Mit den links dargestellten Schaltflächen wird die vorherige bzw. nächste Maske eingestellt. Das Blättern durch die Masken ist auch mit den Funktionstasten [F2] und [F3] möglich.

OK

[OK] sichert die Ergebnisse und beendet das Programm RX-HOLZ.

Das Kapitel 7 *Ergebnisse* stellt die Ergebnismasken der Reihe nach vor.

7.1 Ergebniskombinationen

In dieser Maske werden die maximalen Auslastungen für jede einzelne Ergebniskombination ausgegeben. Die Spalte *EK-Bezeichnung* listet die Kombinationen mit den Kurzbezeichnungen der enthaltenen Lastfälle auf (siehe Seite 49: *Kurzbezeichnung*). Die Spalte B *Lastfälle* zeigt das Kombinationskriterium mit Lastfallnummer und berücksichtigten Faktoren aus RF-KOMBI an.

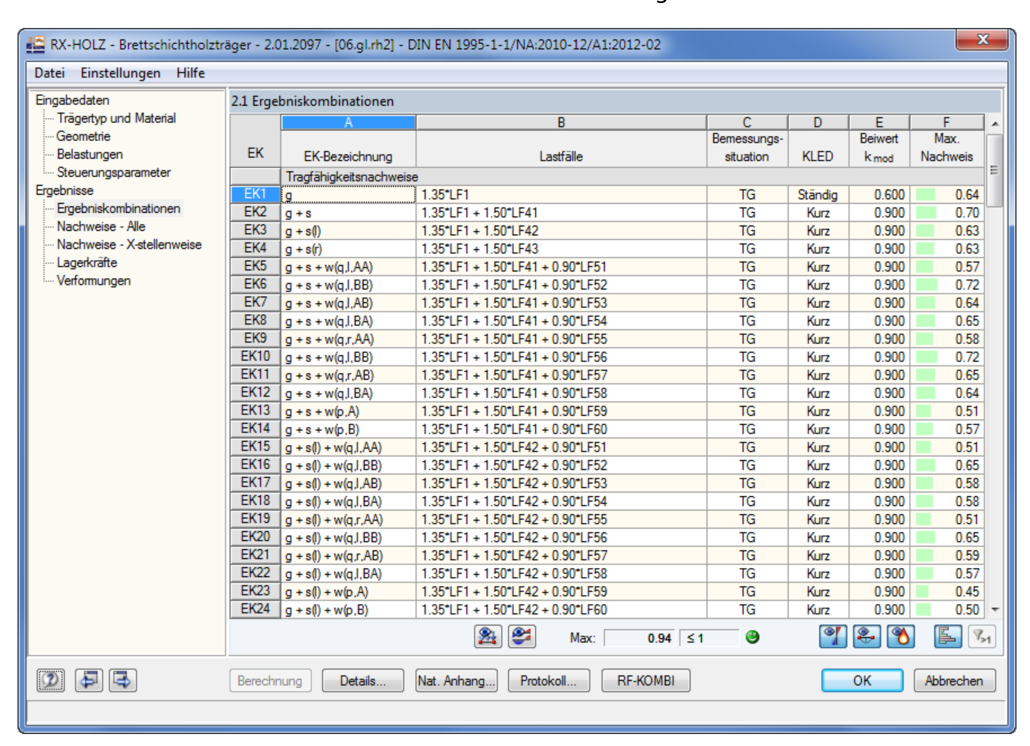


Bild 7.1: Maske 2.1 *Ergebniskombinationen*

Spalte C *Bemessungssituation* gibt Aufschluss darüber, zu welcher Bemessungssituation die Kombination gehört. In RX-HOLZ werden folgende Situationen unterschieden:

TG	Grundkombination für die Tragfähigkeit
TA	Außergewöhnliche Kombination für die Tragfähigkeit
G1	Grundkombination1 für Gebrauchstauglichkeit
G2	Grundkombination 2 für Gebrauchstauglichkeit
GQ	Quasi ständige Kombination für Gebrauchstauglichkeit

Tabelle 7.1: Bemessungssituationen in RX-HOLZ



In den Spalten D *KLED* und E *Beiwert* k_{mod} werden die Klassen der Lasteinwirkungsdauer und die Modifikationsbeiwerte aufgelistet.



Die letzte Spalte F *Max. Nachweis* gibt für jede Ergebniskombination den maximalen Ausnutzungsgrad an. Die Ausnutzungen sind auch farbig umgesetzt: Für Nachweise ≤ 1 ist die Zelle grün, für Nachweise > 1 rot hinterlegt. Die farbliche Hervorhebung lässt sich bei Bedarf über die links dargestellt Schaltfläche deaktivieren.

Filterfunktionen

Die Ergebnisse sind in Blöcken angeordnet: Zunächst werden die Tragfähigkeitsnachweise, dann die Gebrauchstauglichkeitsnachweise und zuletzt die Brandschutznachweise ausgegeben. Am unteren Rand der Tabelle befinden sich drei Schaltflächen, über die die Liste nach Nachweisen gefiltert werden kann.

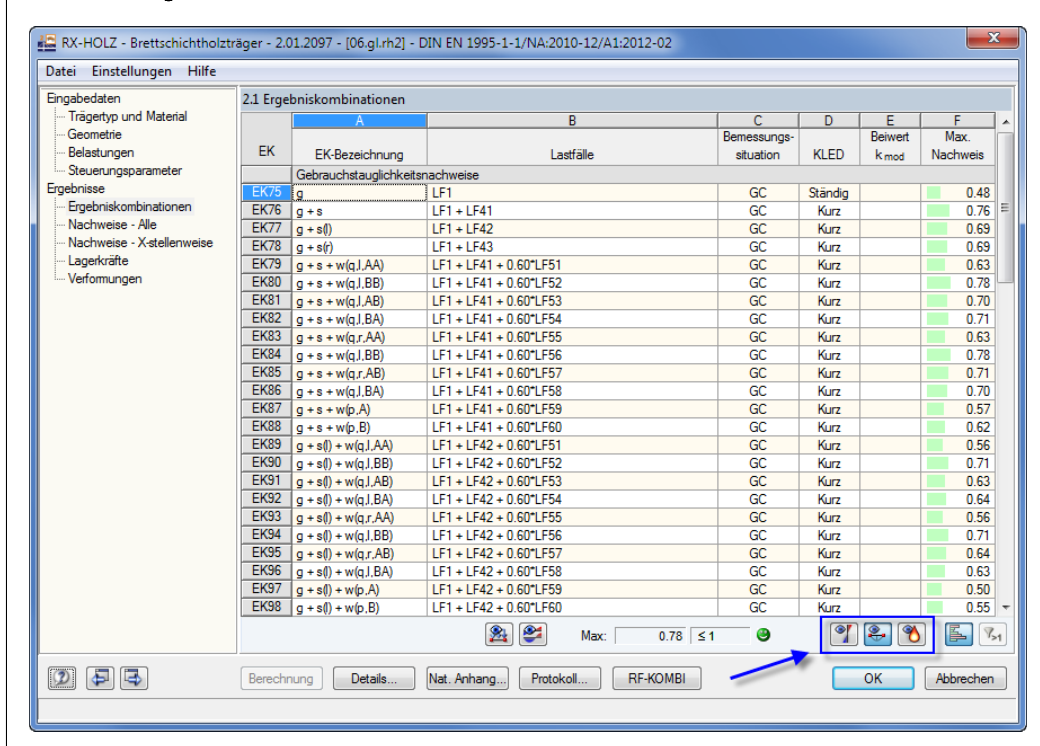


Bild 7.2: Maske 2.1 *Ergebniskombinationen* mit Filter nur für Gebrauchstauglichkeitsnachweise

Die Schaltflächen sind mit folgenden Funktionen belegt:

Schaltfläche	Funktion
	Blendet die Tragfähigkeitsnachweise ein und aus
	Blendet die Gebrauchstauglichkeitsnachweise ein und aus
	Blendet die Brandschutznachweise ein und aus

Tabelle 7.2: Schaltflächen für Nachweise



Falls Nachweise > 1 vorliegen, ist eine zusätzliche Filterfunktion zugänglich: Ein Klick auf die links dargestellte Schaltfläche blendet alle Nachweise ≤ 1 aus. Damit können alle nicht erbrachten Nachweise auf einen Blick eingesehen werden.



7.2 Nachweise - Alle

Die zweite Ergebnismaske präsentiert eine Übersicht über alle geführten Nachweise. Im oberen Teil wird jeweils die maximale Ausnutzung für jede Nachweisart angegeben. Damit ist eine schnelle Beurteilung der größten Ausnutzungsgrade bei den einzelnen Nachweisen (Schubspannung, Biegespannung, Kippnachweis, Auflagerpressung etc.) möglich.

Im unteren Teil werden die *Zwischenwerte* für den oben eingestellten Lastfall ausgegeben. Dort finden sich detaillierte Angaben zu Querschnitts- und Bemessungsschnittgrößen sowie Nachweisparametern einschließlich Hinweisen zu Tabellen und Gleichungen der Norm.

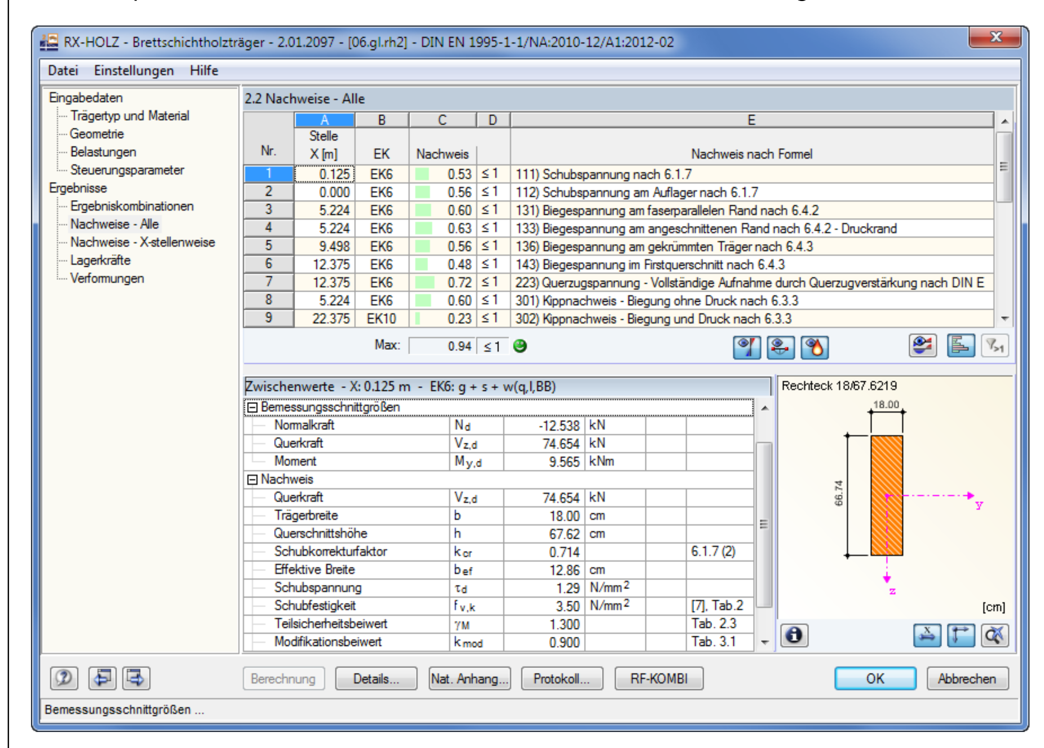


Bild 7.3: Maske 2.2 *Nachweise - Alle*

Stelle X

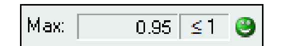
Es wird jeweils die X-Stelle im Stab angegeben, für die das größte Nachweiskriterium ermittelt wurde. Zur tabellarischen Ausgabe werden folgende Stabstellen *X* herangezogen:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß Stabteilungen der Maske 1.4 *Steuerungsparameter* (siehe Kapitel 5.4, Seite 53)
- Extremwerte der Schnittgrößen

EK

In Spalte B werden die Nummern der Ergebniskombinationen angegeben, deren Schnittgrößen zu den jeweiligen Maximalausnutzungen führen.

Nachweis



Für jede Nachweisart werden die Nachweisquotienten gemäß der gewählten Norm ausgegeben. Die farbigen Balken veranschaulichen jeweils die Auslastung.

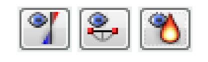
Nachweis nach Formel

In der letzten Spalte werden die Gleichungen nach DIN 1052 bzw. EN 1995-1-1 angegeben, mit denen der Nachweis geführt wurde.



7.3 Nachweise - X-stellenweise

Diese Ergebnismaske ist wie die im vorherigen Kapitel beschriebene Maske 2.2 aufgebaut. Hier werden die Ergebnisse im Detail für jede untersuchte *Stelle X* des Trägers aufgelistet.



Die Ergebnisse sind nach Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Brandschutz gruppiert. Über die links dargestellten Schaltflächen kann nach Nachweistypen gefiltert werden (siehe Kapitel 7.1, Seite 62).

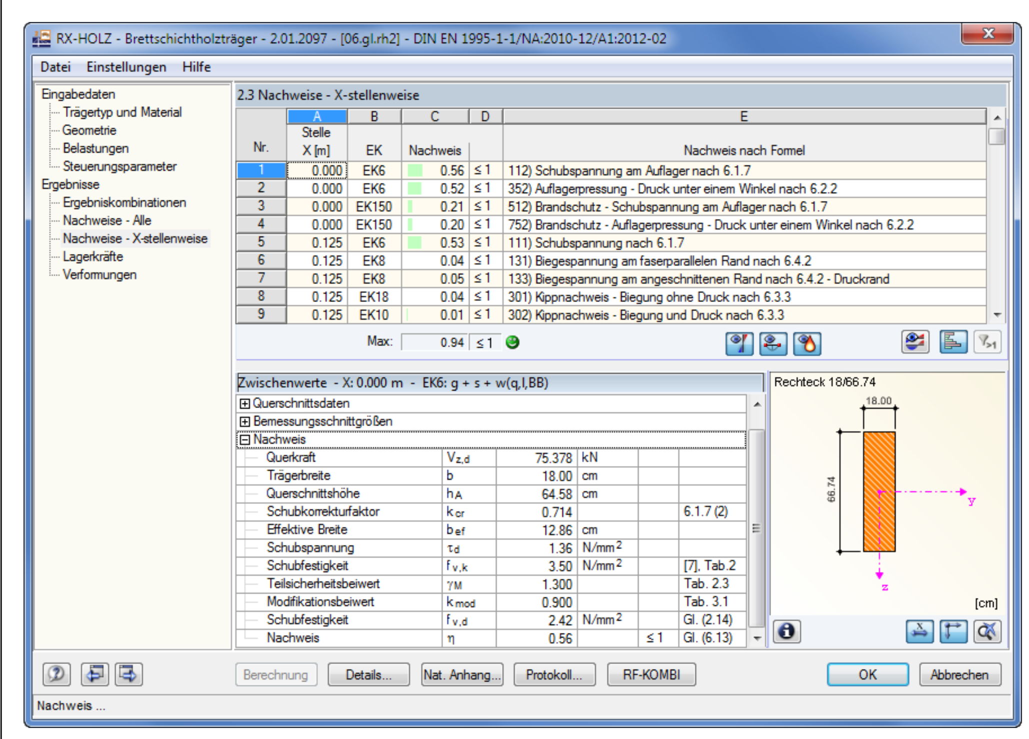


Bild 7.4: Maske 2.3 *Nachweise - X-stellenweise*

Aufgrund der vielen Belastungsvarianten kann die maßgebende Trägerstelle nicht auf Anhieb eindeutig lokalisiert werden. Der Träger wird deshalb an verschiedenen Bemessungsstellen *X* untersucht:

- Anfangs- und Endknoten
- Teilungspunkte gemäß Stabteilungen der Maske 1.4 *Steuerungsparameter* (siehe Kapitel 5.4, Seite 53)
- Extremwerte der Schnittgrößen

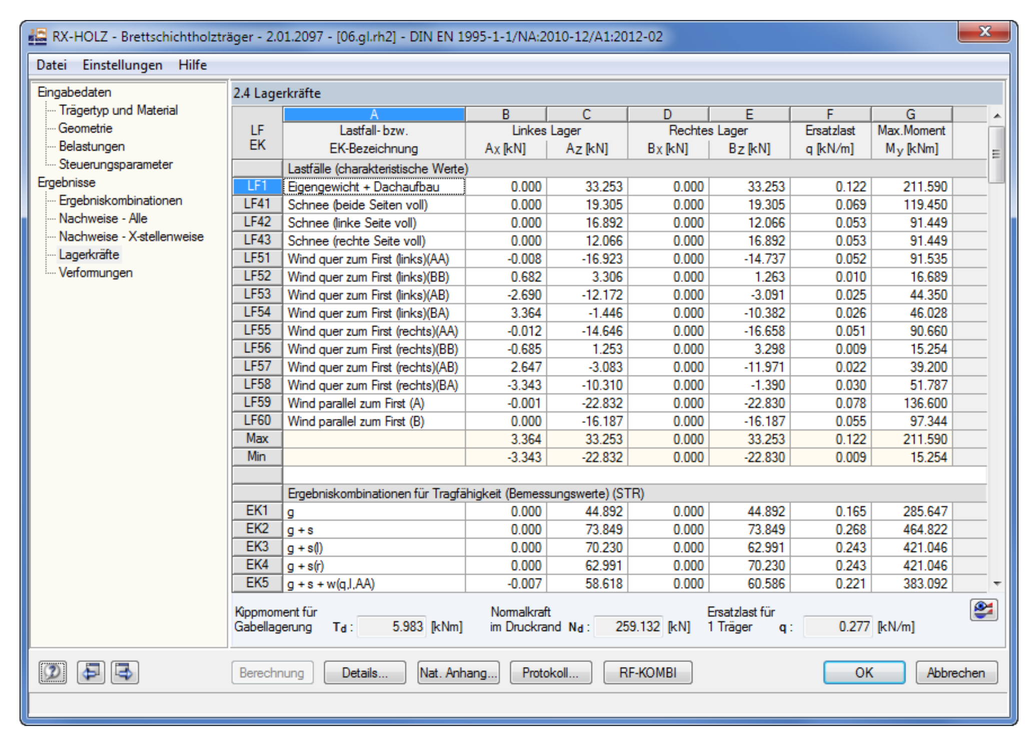


In den Ergebnismasken werden generell die *X-Stellen* ausgegeben. Diese sind auf das globale Koordinatensystem bezogen und stellen die auf den Grundriss projizierte Länge X dar. Die Ergebnisverläufe (siehe Kapitel 7.6, Seite 67) hingegen sind auf die lokale Stabachse x bezogen. Dort wird die Länge x des geneigten Trägers angegeben.



7.4 Lagerkräfte

Diese Maske listet die Auflagerkräfte der einzelnen Lastfälle und Ergebniskombinationen auf. Die Extremwerte der Ergebniskombinationen sind nach Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Brandschutz gruppiert.



LF EK	A Lastfall- bzw. EK-Bezeichnung	B Linkes Lager Ax [kN]	C Linkes Lager Az [kN]	D Rechtes Lager Bx [kN]	E Rechtes Lager Bz [kN]	F Ersatzlast q [kN/m]	G Max.Moment My [kNm]
	Lastfälle (charakteristische Werte)						
LF1	Eigengewicht + Dachaufbau	0.000	33.253	0.000	33.253	0.122	211.590
LF41	Schnee (beide Seiten voll)	0.000	19.305	0.000	19.305	0.069	119.450
LF42	Schnee (linke Seite voll)	0.000	16.892	0.000	12.066	0.053	91.449
LF43	Schnee (rechte Seite voll)	0.000	12.066	0.000	16.892	0.053	91.449
LF51	Wind quer zum First (links)(AA)	-0.008	-16.923	0.000	-14.737	0.052	91.535
LF52	Wind quer zum First (links)(BB)	0.682	3.306	0.000	1.263	0.010	16.689
LF53	Wind quer zum First (links)(AB)	-2.690	-12.172	0.000	-3.091	0.025	44.350
LF54	Wind quer zum First (links)(BA)	3.364	-1.446	0.000	-10.382	0.026	46.028
LF55	Wind quer zum First (rechts)(AA)	-0.012	-14.646	0.000	-16.658	0.051	90.660
LF56	Wind quer zum First (rechts)(BB)	-0.685	1.253	0.000	3.298	0.009	15.254
LF57	Wind quer zum First (rechts)(AB)	2.647	-3.083	0.000	-11.971	0.022	39.200
LF58	Wind quer zum First (rechts)(BA)	-3.343	-10.310	0.000	-1.390	0.030	51.787
LF59	Wind parallel zum First (A)	-0.001	-22.832	0.000	-22.830	0.078	136.600
LF60	Wind parallel zum First (B)	0.000	-16.187	0.000	-16.187	0.055	97.344
Max		3.364	33.253	0.000	33.253	0.122	211.590
Min		-3.343	-22.832	0.000	-22.830	0.009	15.254
	Ergebniskombinationen für Tragfähigkeit (Bemessungswerte) (STR)						
EK1	g	0.000	44.892	0.000	44.892	0.165	285.647
EK2	g + s	0.000	73.849	0.000	73.849	0.268	464.822
EK3	g + s(l)	0.000	70.230	0.000	62.991	0.243	421.046
EK4	g + s(r)	0.000	62.991	0.000	70.230	0.243	421.046
EK5	g + s + w(q,l,AA)	-0.007	58.618	0.000	60.586	0.221	383.092

Bild 7.5: Maske 2.4 *Lagerkräfte*

Die Lagerkräfte werden für Lastfälle als charakteristische Lasten ausgegeben. Damit können sie für weitere Berechnungen übernommen werden. Für die Ergebniskombinationen werden die Lagerkräfte unter Berücksichtigung der Designlasten ausgewiesen.

Am unteren Tabellenende werden folgende Werte zusätzlich angegeben:

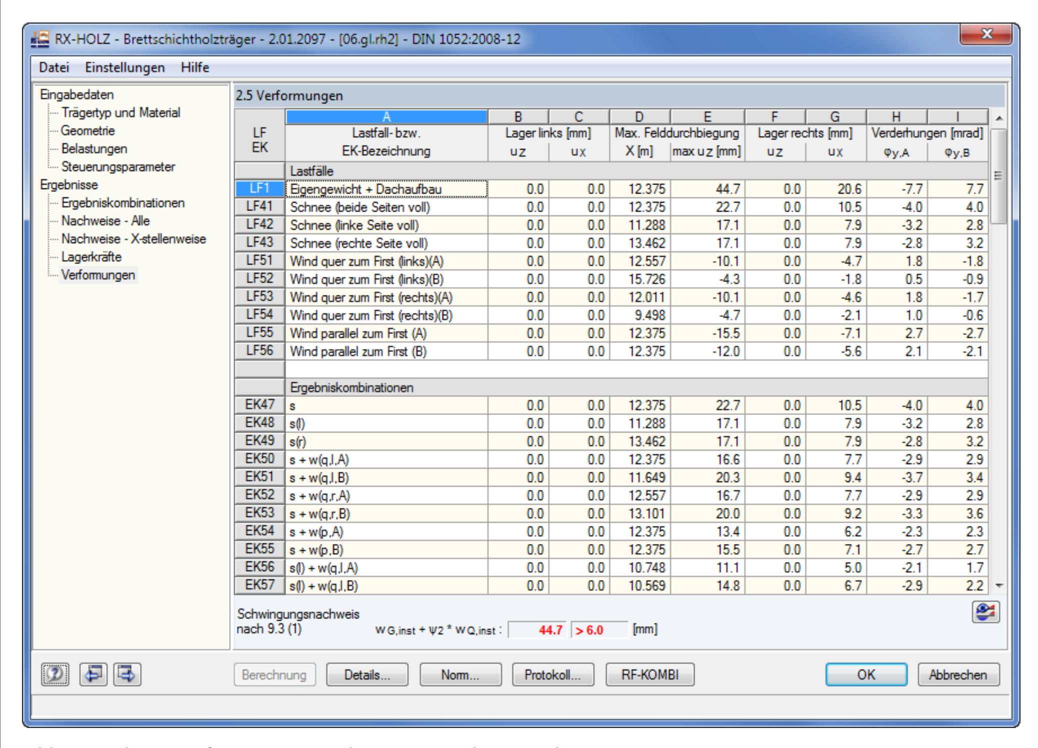
- T_d *Kippmoment für Gabellagerung* nach [1] Gl. (14) bzw. [7] (NA.129)
- N_d *Normalkraft im Druckrand* nach [1] Gl. (15) bzw. [7] Gl. (9.36)
- q *Ersatzlast für 1 Träger* nach [1] Gl. (16) bzw. [7] Gl. (9.37)

Die angegebenen Werte werden jedoch bei der Bemessung nicht berücksichtigt.



7.5 Verformungen

Die letzte Ergebnismaske listet die maximalen Verformungen für die einzelnen Lastfälle und Ergebniskombinationen auf.



LF EK	A Lastfall- bzw. EK-Bezeichnung	B Lager links [mm] uz	C ux	D Max. Felddurchbiegung X [m]	E max uz [mm]	F Lager rechts [mm] uz	G ux	H Verderhungen [mrad] φy,A	I φy,B
	Lastfälle								
LF1	Eigengewicht + Dachaufbau	0.0	0.0	12.375	44.7	0.0	20.6	-7.7	7.7
LF41	Schnee (beide Seiten voll)	0.0	0.0	12.375	22.7	0.0	10.5	-4.0	4.0
LF42	Schnee (linke Seite voll)	0.0	0.0	11.288	17.1	0.0	7.9	-3.2	2.8
LF43	Schnee (rechte Seite voll)	0.0	0.0	13.462	17.1	0.0	7.9	-2.8	3.2
LF51	Wind quer zum First (links)(A)	0.0	0.0	12.557	-10.1	0.0	-4.7	1.8	-1.8
LF52	Wind quer zum First (links)(B)	0.0	0.0	15.726	-4.3	0.0	-1.8	0.5	-0.9
LF53	Wind quer zum First (rechts)(A)	0.0	0.0	12.011	-10.1	0.0	-4.6	1.8	-1.7
LF54	Wind quer zum First (rechts)(B)	0.0	0.0	9.498	-4.7	0.0	-2.1	1.0	-0.6
LF55	Wind parallel zum First (A)	0.0	0.0	12.375	-15.5	0.0	-7.1	2.7	-2.7
LF56	Wind parallel zum First (B)	0.0	0.0	12.375	-12.0	0.0	-5.6	2.1	-2.1
	Ergebniskombinationen								
EK47	s	0.0	0.0	12.375	22.7	0.0	10.5	-4.0	4.0
EK48	s(l)	0.0	0.0	11.288	17.1	0.0	7.9	-3.2	2.8
EK49	s(r)	0.0	0.0	13.462	17.1	0.0	7.9	-2.8	3.2
EK50	s + w(q,l,A)	0.0	0.0	12.375	16.6	0.0	7.7	-2.9	2.9
EK51	s + w(q,l,B)	0.0	0.0	11.649	20.3	0.0	9.4	-3.7	3.4
EK52	s + w(q,r,A)	0.0	0.0	12.557	16.7	0.0	7.7	-2.9	2.9
EK53	s + w(q,r,B)	0.0	0.0	13.101	20.0	0.0	9.2	-3.3	3.6
EK54	s + w(p,A)	0.0	0.0	12.375	13.4	0.0	6.2	-2.3	2.3
EK55	s + w(p,B)	0.0	0.0	12.375	15.5	0.0	7.1	-2.7	2.7
EK56	s(l) + w(q,l,A)	0.0	0.0	10.748	11.1	0.0	5.0	-2.1	1.7
EK57	s(l) + w(q,l,B)	0.0	0.0	10.569	14.8	0.0	6.7	-2.9	2.2

Bild 7.6: Maske 2.5 *Verformungen* mit Schwingungsnachweis nach DIN 1052

In der Tabelle werden die Verschiebungen an jedem *Lager* u_Z, u_X sowie die *Maximale Felddurchbiegung max* u_Z an den maßgebenden X-Stellen ausgegeben.

Falls das Modell mit Kragarmen versehen ist, wird die Tabelle um die Spalten *Kragarm* mit den Verschiebungen $u_{Z,k}$ erweitert.

Der rechte Bereich der Tabelle gibt Aufschluss über die *Verdrehungen* φ an den Lagern und ggf. Kragarmen.

Wurde in Maske 1.4 der Schwingungsnachweis gemäß [1] Absatz 9.3 (1) ausgewählt (siehe Kapitel 5.4, Seite 53), so findet sich dieser Nachweis im unteren Fensterbereich der Maske 2.5.



7.6 Ergebnisverläufe



Der Ergebnisverlauf eines Trägers kann im Ergebnisdiagramm grafisch ausgewertet werden. Diese Funktion ist über die links gezeigte Schaltfläche zugänglich, die in jeder Ergebnismaske zur Verfügung steht.

Es öffnet sich ein neues Fenster mit einem Navigator und den Ergebnisverläufen am Träger.

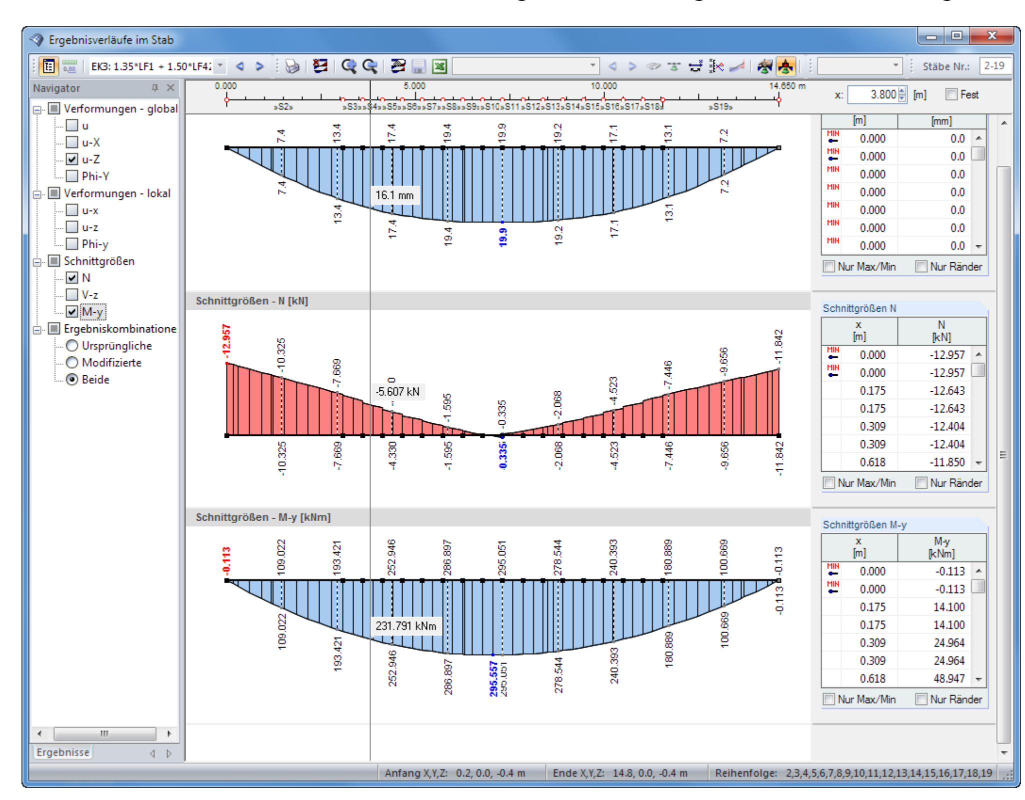
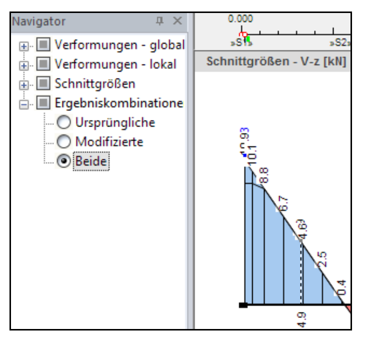


Bild 7.7: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*



Im Navigator links können die Verformungen und Schnittgrößen ausgewählt werden, die im Ergebnisdiagramm erscheinen sollen. Über die Liste in der Symbolleiste kann zwischen den Lastfällen, Ergebniskombinationen und dem RX-HOLZ-Nachweis gewechselt werden.

Im Ergebnisverlauf des RX-HOLZ-Nachweises zeigt eine gestrichelte Linie den Ausnutzungsgrad von 1,0 an (siehe Bild 8.12, Seite 75). Damit lässt sich die Größenordnung der Ergebnisse schnell beurteilen.

Der Navigatoreintrag *Ergebniskombinationen* bietet die Möglichkeit, *Ursprüngliche* oder *Modifizierte* Schnittgrößen anzuzeigen, die wegen einer Momenten- oder Querkraftreduktion für die Bemessung verwendet werden. Es lassen sich auch *Beide* Schnittgrößen darstellen.



In den RX-HOLZ-Ergebnismasken werden die globalen Stellen X angegeben, an denen die Nachweise erfolgen. Die Ergebnisverläufe hingegen sind auf die lokale Stabachse x bezogen. Der Bezug zwischen den globalen und lokalen Stellen ist dennoch gewährleistet: Nach der Wahl einer (globalen) X-Stelle in einer Tabelle und anschließendem Öffnen des Ergebnisdiagramms springt die Positionslinie automatisch an die entsprechende (lokale) x-Stelle im Ergebnisverlauf.



Die Ergebnisverläufe lassen sich über die Druckfunktion entweder direkt ausdrucken oder in das Ausdruckprotokoll übergeben (siehe Kapitel 8.4, Seite 75).

Eine ausführliche Beschreibung des Dialogs *Ergebnisverläufe* finden Sie im Kapitel 9.5 des RFEM-Handbuchs, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt.



8. Ausdruck

Die Eingabe- und Ergebnisdaten von RX-HOLZ werden nicht direkt zum Drucker geschickt. Stattdessen wird zunächst aus den Daten ein so genanntes „Ausdruckprotokoll" generiert, das mit Grafiken, Erläuterungen, Scans etc. ergänzt werden kann. Im Ausdruckprotokoll wird festgelegt, welche Daten schließlich im Ausdruck erscheinen.

Ein Ausdruckprotokoll kann nur geöffnet werden, wenn unter Windows ein Standarddrucker installiert ist. Die Vorschau im Ausdruckprotokoll verwendet diesen Druckertreiber.

8.1 Ausdruckprotokoll

Protokoll...

Das Ausdruckprotokoll wird über die links dargestellte Schaltfläche aufgerufen.

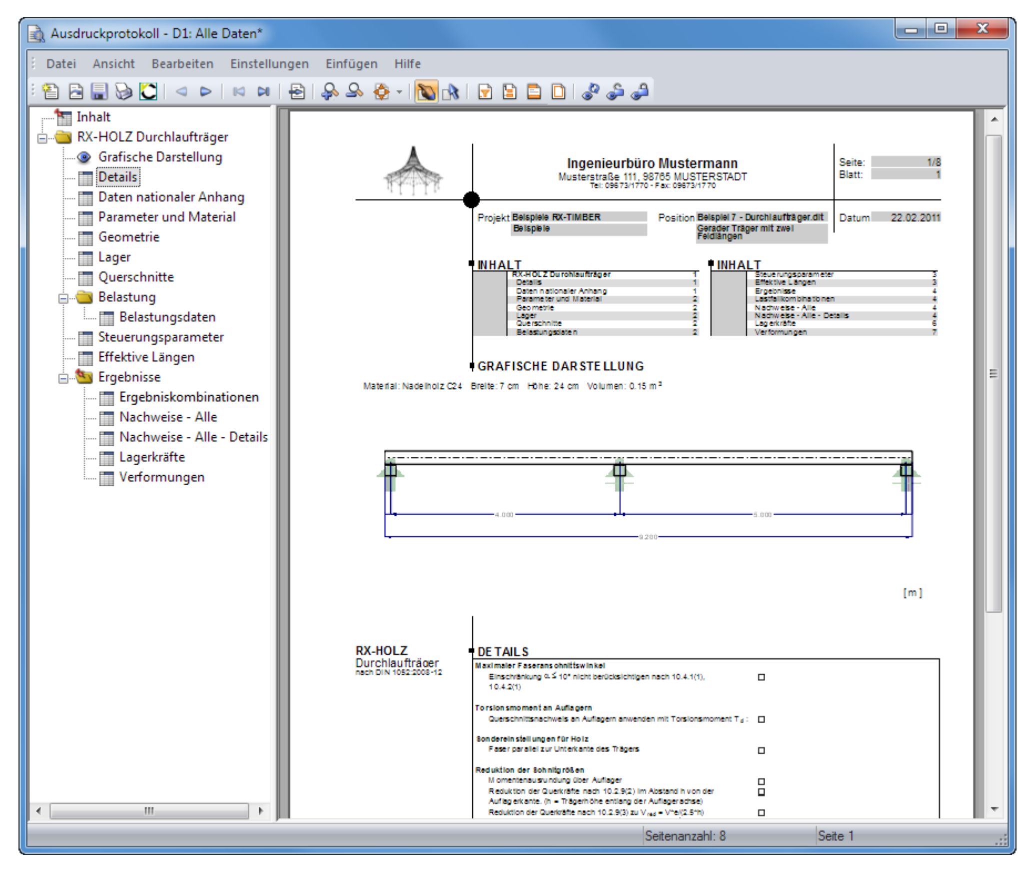


Bild 8.1: Ausdruckprotokoll

Bei Bedarf kann das Ausdruckprotokoll umbenannt werden. Dies erfolgt über das Menü

Datei → Umbenennen.

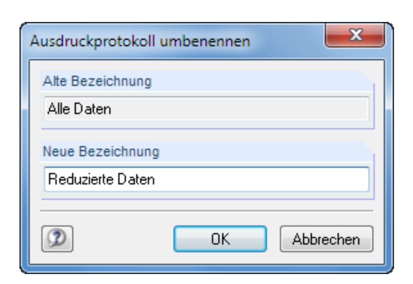


Bild 8.2: Dialog *Ausdruckprotokoll umbenennen*



Ist das Ausdruckprotokoll aufgebaut, wird links der Protokoll-Navigator, rechts die Seitenansicht mit dem zu erwartenden Aussehen des Ausdrucks angezeigt.

Die einzelnen Kapitel des Protokolls können im Navigator per Drag-and-drop an jede beliebige Stelle verschoben werden.

Kontextmenü

Das Kontextmenü bietet weitere Möglichkeiten zur Anpassung des Ausdruckprotokolls. Wie in Windows üblich, ist eine Mehrfachselektion mit den Tasten [Strg] und [⇧] möglich.

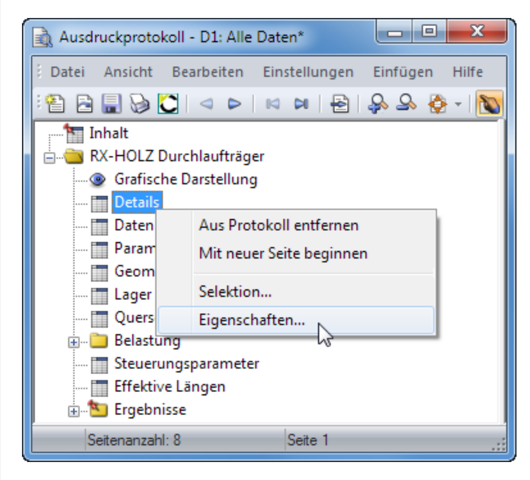
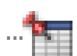


Bild 8.3: Kontextmenü des Protokoll-Navigators

Aus Protokoll entfernen

Das markierte Kapitel wird gelöscht. Soll es wieder in das Protokoll eingefügt werden, ist dies über die Selektion möglich: Menü *Bearbeiten* → *Auswahl*.

Mit neuer Seite beginnen



Mit diesem Kapitel wird eine neue Seite begonnen. Im Navigator ist das Kapitel mit einem roten Pin gekennzeichnet (wie z. B. Kapitel *Ergebnisse* im Bild oben).

Selektion

Es wird die globale Selektion aufgerufen, die auf den folgenden Seiten beschrieben ist. Das gewählte Kapitel ist voreingestellt.

Eigenschaften

Einige allgemeine Eigenschaften eines Kapitels können beeinflusst werden.

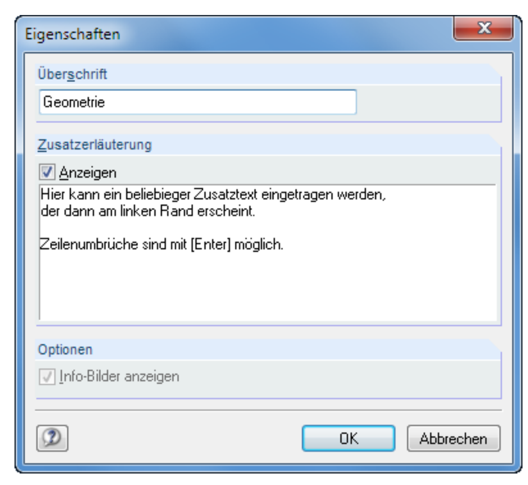


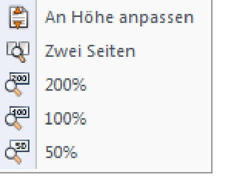
Bild 8.4: Dialog *Eigenschaften*



Navigation im Ausdruckprotokoll

Am einfachsten wird eine bestimmte Stelle im Ausdruckprotokoll mit einem Klick auf den Kapiteleintrag im Navigator angesteuert.

Das Menü **Ansicht** bietet weitere Funktionen zur Navigation. Diese sind auch über die entsprechenden Schaltflächen in der Symbolleiste zugänglich.



	In der Seitenvorschau wird eine Seite zurückgeblättert.
	Es wird eine Seite weitergeblättert.
	In der Seitenvorschau wird die erste Seite angezeigt.
	Es wird die letzte Seite angezeigt.
	In einem Dialog kann die Nummer einer bestimmten Seite angegeben werden.
	Die Darstellung in der Vorschau wird vergrößert.
	Die Darstellung in der Vorschau wird verkleinert.
	Listenschaltfläche *Zoomen* zur Anpassung der Darstellungsgröße
	Bewegmodus: Die Maus kann zur Navigation im Ausdruckprotokoll benutzt werden.
	Auswahlmodus: Per Mausklick können Kapitel selektiert und bearbeitet werden.

Tabelle 8.1: Navigations-Schaltflächen in der Symbolleiste



8.2 Auswahl der Druckdaten



In der globalen Selektion können die Kapitel ausgewählt werden, die im Ausdruckprotokoll erscheinen sollen. Diese Funktion wird aufgerufen über Menü

Bearbeiten → **Auswahl**,

die links dargestellte Schaltfläche in der Symbolleiste oder das *Inhalt*-Kontextmenü.

Es erscheint folgender Dialog.

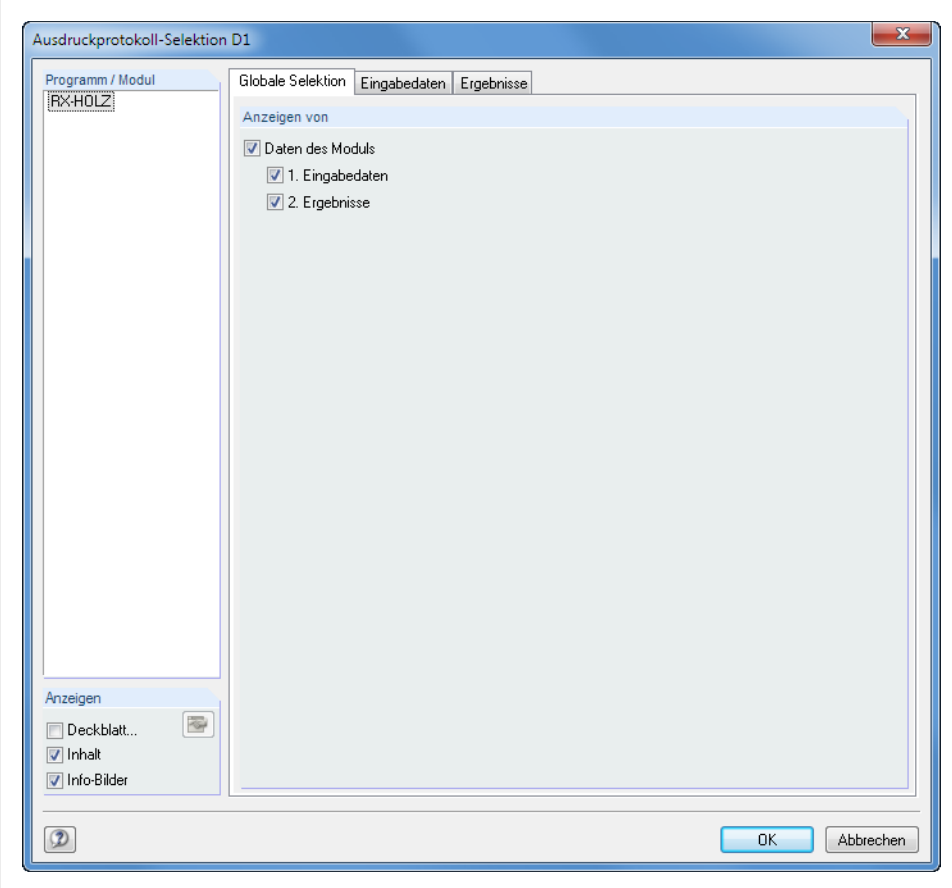


Bild 8.5: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *Globale Selektion*

Globale Selektion

Das Register *Globale Selektion* verwaltet die Oberkapitel des Protokolls. Wenn hier ein Eintrag deaktiviert wird, verschwindet auch das zugehörige Detailregister.

Der Abschnitt *Anzeigen* in der linken unteren Ecke enthält drei Kontrollfelder. Damit lässt sich steuern, ob *Deckblatt*, *Inhaltsverzeichnis* und kleine *Info-Bilder* in der Randspalte des Protokolls erscheinen sollen.

Eingabedaten / Ergebnisse

Über die Selektion in den Registern *Eingabedaten* und *Ergebnisse* kann der Umfang des Ausdrucks beeinflusst werden. Die Nachweise für einen Träger können dabei von einigen wenigen Seiten bis zu über 150 Seiten variieren. Daher ist eine sinnvolle Auswahl der Ausgabedaten wichtig. Als sehr umfangreich erweisen sich die Details der Nachweise – insbesondere die der X-stellenweisen Ergebnisse.

Die Daten im Ausdruck spiegeln die Gruppierung der Ein- und Ausgabe im Programm wider.

Jede Auswahl wird im Protokoll-Navigator dokumentiert und kann dort auch wieder entfernt werden.



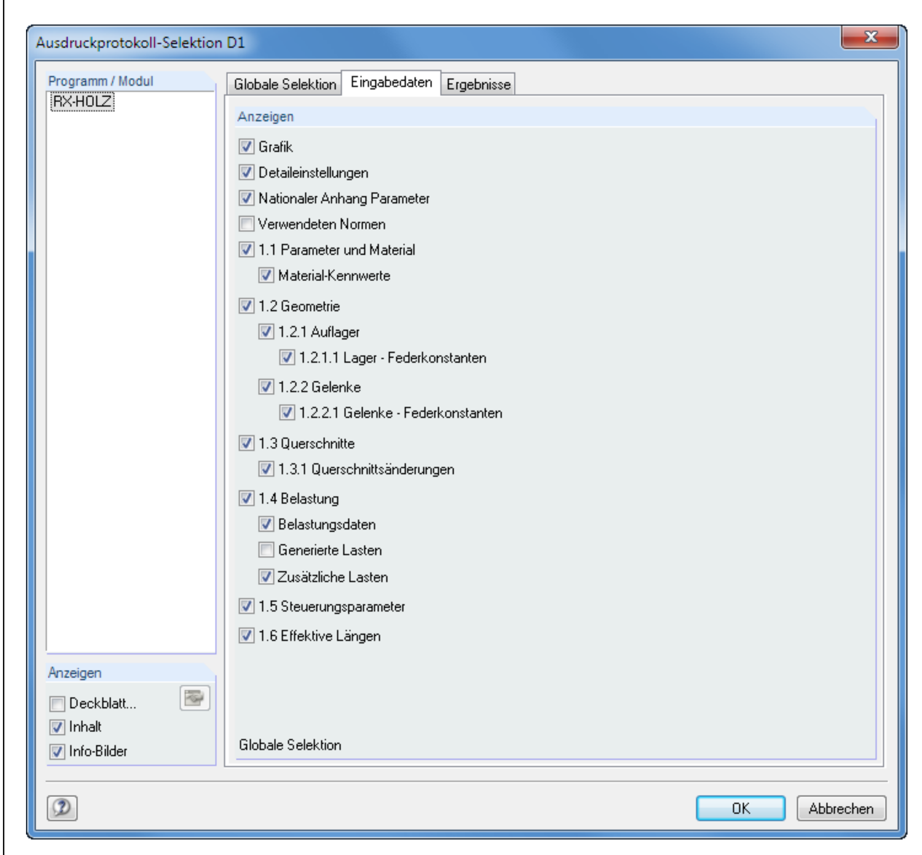


Bild 8.6: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *Eingabedaten*



Im Register Ergebnisse besteht wie in den Ergebnismasken eine *Filter*-Möglichkeit nach den Nachweisen der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und des Brandschutzes.

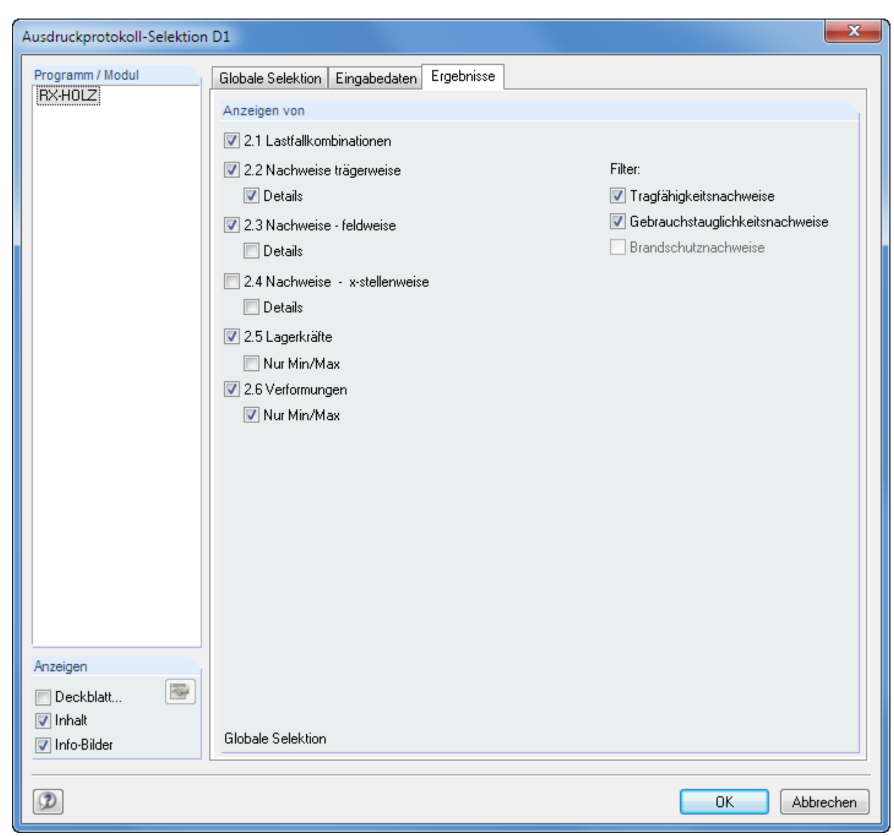


Bild 8.7: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*, Register *Ergebnisse*



8.3 Druckkopf



Im Zuge der Installation wird ein Druckkopf aus den Kundendaten angelegt. Diese Angaben können im Ausdruckprotokoll geändert werden über Menü

Einstellungen → Druckkopf

oder die zugeordnete Schaltfläche in der Symbolleiste.

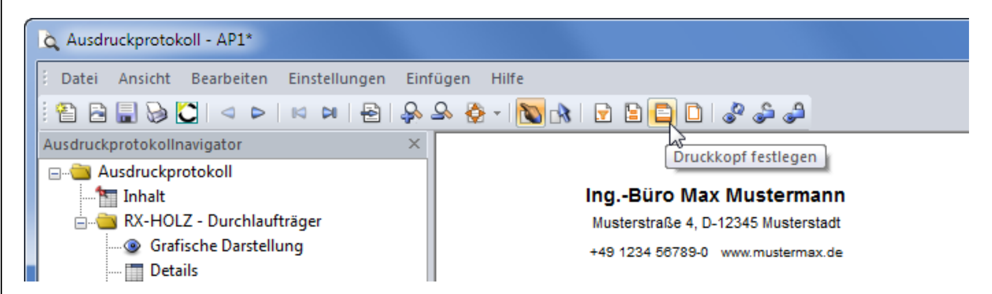


Bild 8.8: Schaltfläche *Druckkopf festlegen*

Es erscheint folgender Dialog.

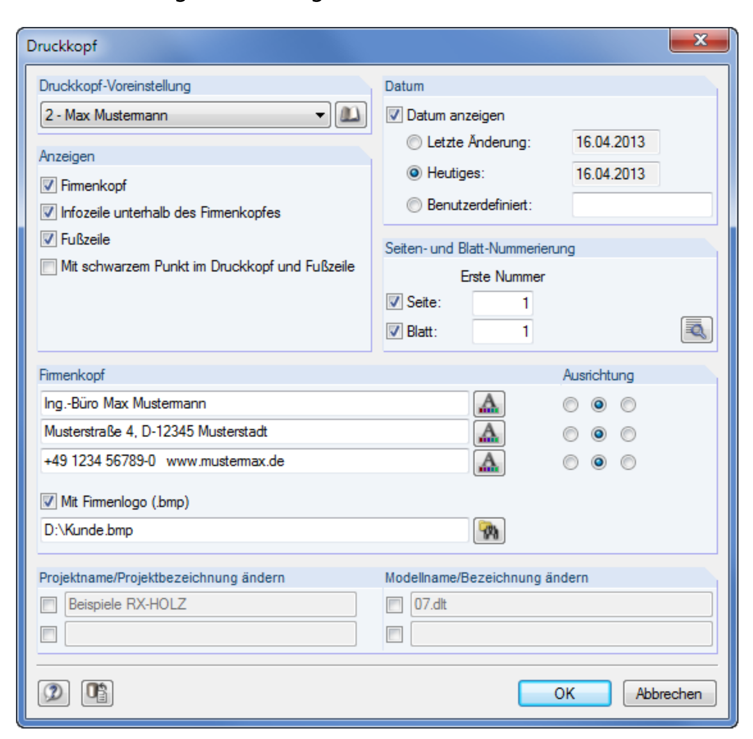


Bild 8.9: Dialog *Druckkopf*

Der Abschnitt *Anzeigen* steuert, welche Elemente des Druckkopfes generell dargestellt werden und welches *Datum* dort erscheinen soll.

Die Option *Infozeile unterhalb des Firmenkopfes* blendet die Projekt- und Modellangaben – mit oder ohne *Datum* – ein oder aus. Die Projektbezeichnung wird von den Basisangaben des Projekts im Projektmanager (siehe Kapitel 4.1.1, Seite 14), die Modellbezeichnung von den Basisangaben des Modells übernommen (siehe Kapitel 4.2, Seite 26). Die Vorgaben können in den Abschnitten *Projektname* und *Modellname* für den Ausdruck angepasst werden.

Die *Fußzeile* lässt sich ebenso ein- und ausblenden wie der *schwarze Punkt* in den Schnittpunkten von Randlinie mit Kopf- und Fußzeilenlinie.





Im Abschnitt *Seiten- und Blatt-Nummerierung* kann die Nummerierung angepasst werden. Wenn für *Seite* und *Blatt* die gleichen Anfangsnummern angegeben sind und ist das Kontrollfeld *Anzeigen* aktiv, besteht kein Unterschied in der Nummerierung. Sollen aber mehrere Seiten einem Blatt zugeordnet werden, so sind detaillierte Vorgaben für die Nummerierung über die Schaltfläche [Weitere Einstellungen] möglich.

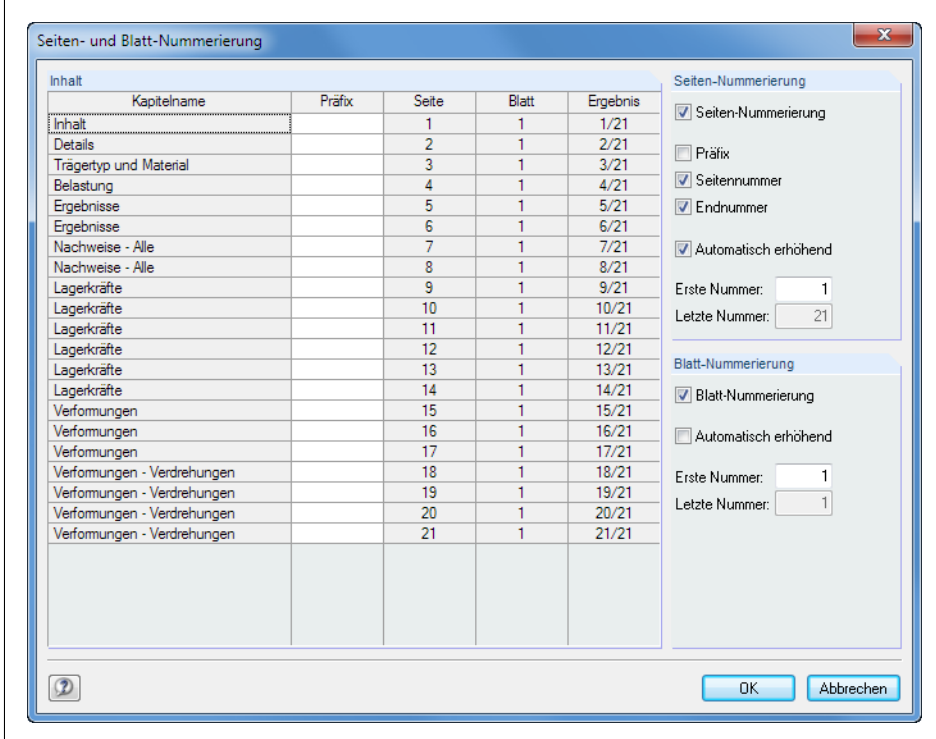


Bild 8.10: Dialog *Seiten- und Blattnummerierung*



Der Abschnitt *Firmenkopf* im Dialog *Druckkopf* (siehe Bild 8.9) enthält die Angaben aus den Kundendaten, die hier angepasst werden können. Für jede der drei Druckkopfzeilen steht ein Eingabefeld zur Verfügung. Über die Schaltfläche [A] können jeweils Schriftart und Schriftgrad geändert werden. Die *Ausrichtung* der Zeilen lässt sich ebenfalls separat festlegen.



Der linke Bereich der Kopfzeile ist für das Firmenlogo reserviert. Die Grafik muss als Bitmap vorliegen (z. B. MS Paint speichert Grafiken im *.bmp-Format ab).



Mit der Schaltfläche [Als Standard setzen] unten im Dialog können die geänderten Angaben gespeichert werden. Es erscheint der Dialog *Name des Druckkopfes*, in dem eine Bezeichnung anzugeben ist. Der neue Druckkopf erscheint dann oben als *Druckkopf-Voreinstellung*.



Die Schaltfläche [Druckkopf-Bibliothek] ermöglicht den Zugriff auf verschiedene Druckköpfe. In der *Druckkopf-Bibliothek* können Musterköpfe erzeugt, geändert oder gelöscht werden.



Bild 8.11: Dialog *Druckkopf- Bibliothek*





Die Druckköpfe werden üblicherweise in der Datei **DlubalProtocolConfig.cfg** im allgemeinen Stammdatenordner *C:\ProgramData\Dlubal\Stammdat* gespeichert. Diese Datei wird bei einem Update nicht überschrieben; eine Sicherungsdatei kann trotzdem von Vorteil sein.

8.4 Ergebnisverläufe



Das Ausdruckprotokoll kann mit Grafiken der Ergebnisverläufe (siehe Kapitel 7.6, Seite 67) ergänzt werden. Stellen Sie zunächst in RX-HOLZ über die links dargestellte Schaltfläche die gewünschten Ergebnisverläufe ein.



Mit der Schaltfläche [Drucken] wird die aktuelle Grafik in das Ausdruckprotokoll übergeben.

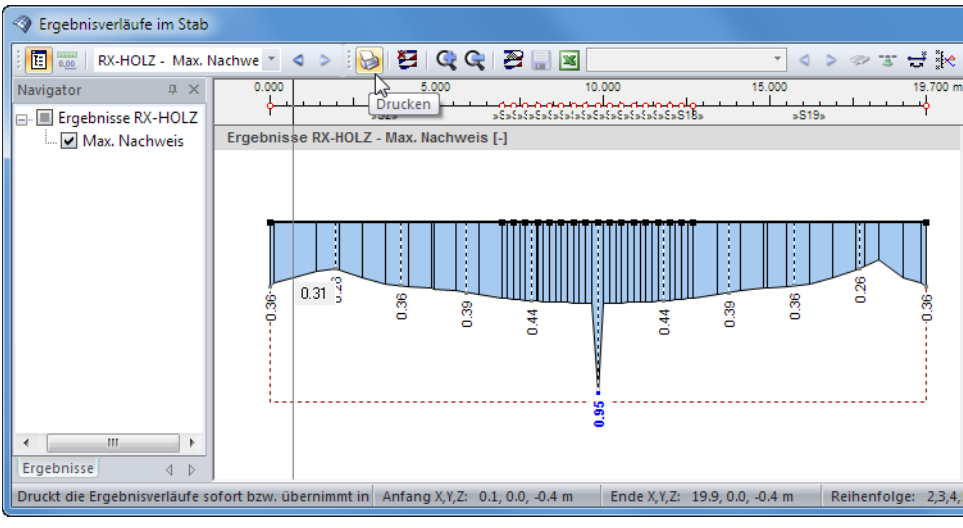


Bild 8.12: Schaltfläche *Drucken* in der Symbolleiste des Ergebnisverläufe-Fensters

Es erscheint folgender Dialog.

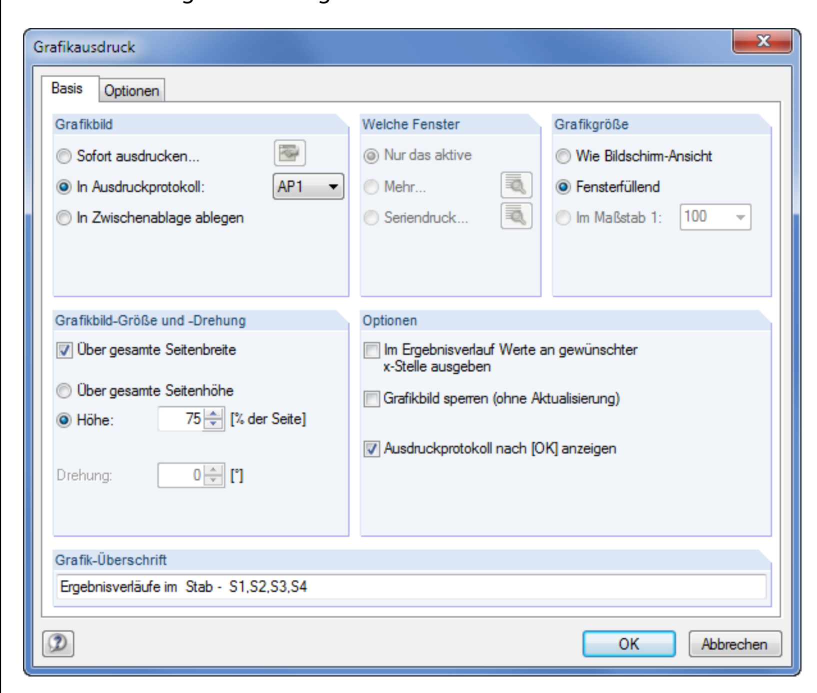


Bild 8.13: Dialog *Grafikausdruck*, Register *Basis*



Grafikbild

In diesem Abschnitt ist die Option *In Ausdruckprotokoll* zu wählen.



Die Abschnitte *Welche Fenster* und *Grafikgröße* sind für die Ergebnisverläufe von RX-HOLZ bedeutungslos (hierbei handelt es sich um Einstellungen für RFEM-Grafiken).

Grafikbild-Größe und -Drehung

Dieser Abschnitt regelt die Größe der Grafik auf dem Papier.

Ist das Kontrollfeld *Über gesamte Seitenbreite* angehakt, wird auch der linke Rand neben der vertikalen Trennlinie für die Grafik genutzt.

Die *Höhe* des Grafikbereichs kann als prozentualer Anteil der Seite angegeben werden, falls nicht die gesamte Seitenhöhe für die Grafik genutzt werden soll.

Der Drehwinkel im Eingabefeld *Drehung* rotiert die Grafik für den Ausdruck.

Optionen

Wird die Maus im Ergebnisdiagramm entlang des Stabes bewegt, können die „wandernden" Ergebniswerte der aktuellen x-Stelle abgelesen werden. Das Kontrollfeld *Im Ergebnisverlauf Werte an gewünschter x-Stelle ausgeben* steuert, ob die Werte an der Position der vertikalen Linie im Ausdruck der Ergebnisverläufe erscheinen.

Standardmäßig werden dynamische Grafiken erzeugt: Bei einer Änderung des Modells werden die Grafiken im Ausdruckprotokoll automatisch aktualisiert. Ist dies nicht gewünscht, kann die Aktualisierung über das Kontrollfeld *Grafikbild sperren* unterbunden werden.

Im Ausdruckprotokoll kann die Sperrung einer Grafik wieder aufgehoben werden: Klicken Sie im Protokoll-Navigator den Grafikeintrag mit der rechten Maustaste an, um das Kontextmenü zu aktivieren (siehe Bild 8.3, Seite 69). Über die *Eigenschaften* ist der Dialog *Grafikausdruck* dieses Bildes wieder zugänglich. Alternativ selektieren Sie die Grafik im Protokoll-Navigator und wählen Menü *Bearbeiten* → *Eigenschaften*.

Die Schloss-Schaltflächen in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls bieten eine weitere Möglichkeit, Grafiken als statisch oder dynamisch zu klassifizieren (siehe Bild 8.1, Seite 68). Sie sind mit folgenden Funktionen belegt.

	Alle Grafiken werden aktualisiert.
	Alle Grafiken werden entsperrt und können somit dynamisch aktualisiert werden.
	Alle Grafiken werden gesperrt und sind somit statisch im Protokoll verankert.

Tabelle 8.2: Grafik-Schaltflächen im Ausdruckprotokoll

Wird der Dialog mit [OK] geschlossen, öffnet sich normalerweise das Ausdruckprotokoll. Dies kann hinderlich sein, um z. B. mehrere Grafiken nacheinander in das Protokoll zu drucken. Der Aufruf des Ausdruckprotokolls kann unterbunden werden, indem die Option *Ausdruckprotokoll nach [OK] anzeigen* deaktiviert wird.

Grafik-Überschrift

Beim Aufruf des Dialogs *Grafikausdruck* ist eine Überschrift mit der Liste der Stabnummern voreingestellt, die in diesem Eingabefeld angepasst werden kann.



8.5 Grafiken und Texte

Externe Grafiken und Texte lassen sich ebenfalls in das Ausdruckprotokoll integrieren.

Grafiken einfügen

Um ein Bild einzufügen, das keine RX-HOLZ-Grafik ist, muss die Grafikdatei zunächst mit einem Bildbearbeitungsprogramm (z. B. MS Paint) geöffnet und mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert werden.

Die Grafik in der Zwischenablage wird in das Ausdruckprotokoll eingefügt über Menü

Einfügen → **Grafik aus Zwischenablage**.

Vorher ist noch der Kapitelname für die neue Grafik anzugeben.

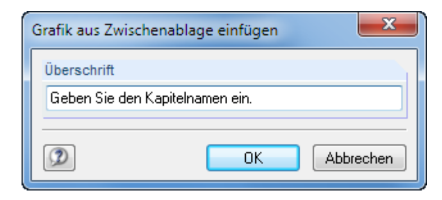


Bild 8.14: Dialog *Grafik aus Zwischenablage einfügen*

Die Grafik erscheint dann als eigenständiges Kapitel im Ausdruckprotokoll.

Texte einfügen

Das Ausdruckprotokoll kann mit eigenen, kurzen Anmerkungen ergänzt werden. Diese Funktion wird aufgerufen über das Ausdruckprotokoll-Menü

Einfügen → **Textblock**.

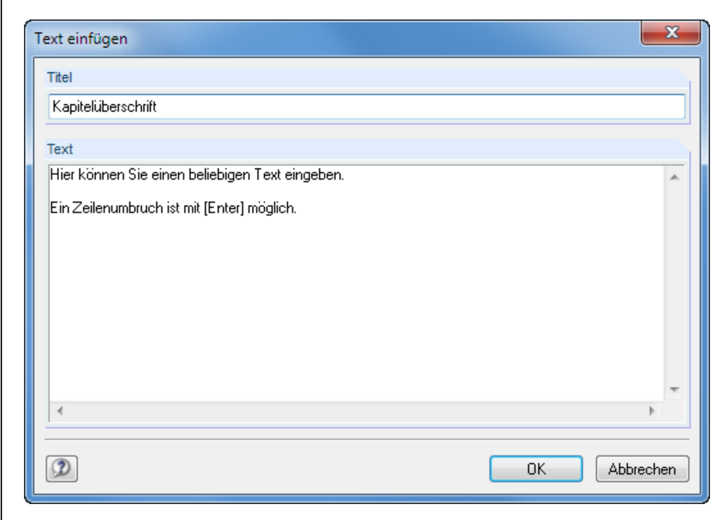


Bild 8.15: Dialog *Text einfügen*

Geben Sie im Dialog den *Titel* und den *Text* ein. Nach [OK] wird das Kapitel am Ende des Ausdruckprotokolls eingefügt. Mit Drag-and-drop lässt es sich dann an die gewünschte Stelle verschieben.



Im Selektionsmodus (siehe Tabelle 8.1, Seite 70) kann der Text über einen Doppelklick nachträglich geändert werden. Alternativ wird die Überschrift im Navigator mit der rechten Maustaste angeklickt, um den Kontextmenü-Eintrag *Eigenschaften* zu benutzen.



Text- und RTF-Dateien einfügen

Es lassen sich Textdateien im ASCII-Format sowie formatierte RTF-Dateien einschließlich eingebetteter Grafiken in das Ausdruckprotokoll integrieren. Dadurch können wiederkehrende Texte in Dateien abgelegt und im Protokoll genutzt werden.

Diese Funktion ermöglicht es auch, die Nachweise anderer Bemessungsprogramme in das Ausdruckprotokoll zu integrieren. Die Ergebnisse müssen im ASCII- oder RTF-Format vorliegen.

Text- und RTF-Dateien werden eingefügt über das Ausdruckprotokoll-Menü

Einfügen → Textdatei.

Im Windows-Dialog *Öffnen* ist zunächst die Datei auszuwählen. Nach dem [Öffnen] wird das Kapitel am Ende des Ausdruckprotokolls angefügt. Mit Drag-and-drop lässt es sich dann an die gewünschte Stelle verschieben.



Im Auswahlmodus (siehe Tabelle 8.1, Seite 70) kann der Text per Doppelklick nachträglich geändert werden. Es erscheint der Dialog *Text einfügen* für benutzerdefinierte Anpassungen.

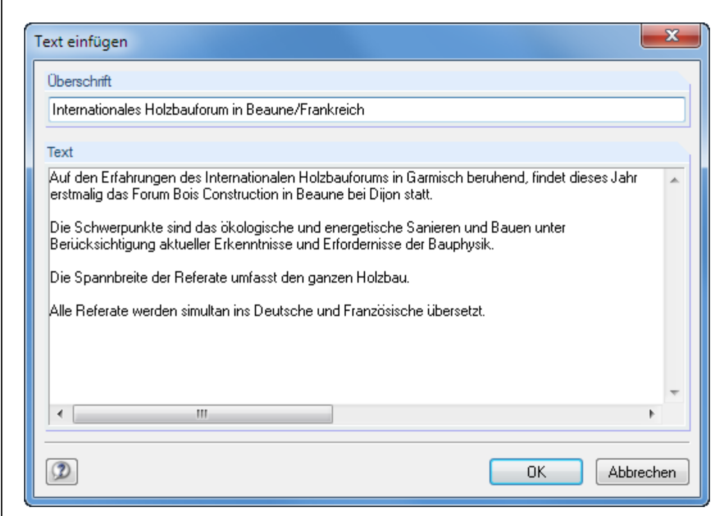


Bild 8.16: Dialog *Text einfügen*



8.6 Ausdruckprotokoll-Muster

Die im Kapitel 8.2 beschriebene Selektion ist relativ zeitaufwendig. Eine solche Auswahl einschließlich Grafiken kann als Muster abgelegt und für weitere Modelle genutzt werden. Ausdruckprotokolle lassen sich auf Basis dieser Vorlagen rationell erstellen.

Ein bestehendes Ausdruckprotokoll kann auch als Muster gespeichert werden.

Muster neu anlegen

Neue Vorlagen werden über die beiden Ausdruckprotokoll-Menüs definiert:

Einstellungen → **Ausdruckprotokoll-Muster** → **Neu**

Einstellungen → **Ausdruckprotokoll-Muster** → **Neu aus aktuellem Protokoll**.

Neu

Zunächst erscheint der im Kapitel 8.2 beschriebene Selektionsdialog.

In den Registern sind die zu druckenden Kapitel auszuwählen. Wenn die Selektion mit [OK] abgeschlossen wird, ist die *Bezeichnung* des neuen Musterprotokolls anzugeben.

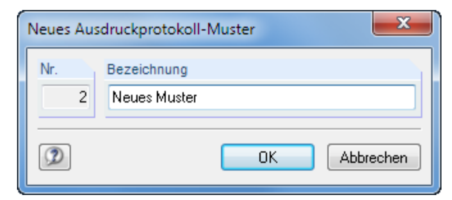


Bild 8.17: Dialog *Neues Ausdruckprotokoll-Muster*

Neu aus aktuellem Protokoll

Die Selektion des aktuellen Ausdruckprotokolls wird für die neue Vorlage verwendet. Es ist im Dialog (siehe Bild 8.17) die *Bezeichnung* des neuen Musterprotokolls anzugeben.

Muster anwenden

Bei einem geöffneten Ausdruckprotokoll können die ausgewählten Inhalte eines Musters auf das aktuelle Protokoll übertragen werden. Dies erfolgt über Menü

Einstellungen → **Ausdruckprotokoll-Muster** → **Auswählen**.

In einem Dialog kann dann die Vorlage in der Liste *Vorhandene Ausdruckprotokoll-Muster* ausgewählt werden.



Bild 8.18: Dialog *Ausdruckprotokoll-Muster*

Die Schaltflächen dieses Dialogs sind in Tabelle 8.3 auf folgender Seite erläutert.

Die aktuelle Selektion wird nach einer Sicherheitsabfrage durch das Muster überschrieben.

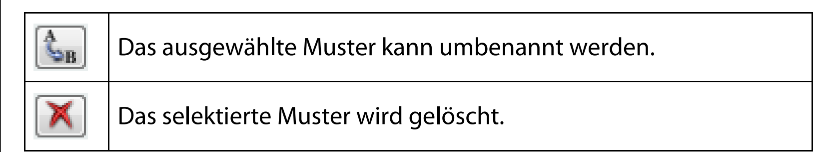


Muster verwalten

Die Verwaltung aller Vorlagen erfolgt im Dialog *Ausdruckprotokoll-Muster*. Dieser Dialog wird aufgerufen über Menü

Einstellungen → **Ausdruckprotokoll-Muster** → **Auswählen**.

Es erscheint der im Bild 8.18 gezeigte Dialog. Die Funktionen der Schaltflächen können nur auf benutzerdefinierte Muster angewandt werden.



	Das ausgewählte Muster kann umbenannt werden.
	Das selektierte Muster wird gelöscht.

Tabelle 8.3: Schaltflächen im Dialog *Ausdruckprotokoll-Muster*



Die Ausdruckprotokoll-Muster werden in der Datei **RfemProtocolConfig.cfg** gespeichert, die sich im Stammdatenordner für RX-HOLZ (*C:\ProgramData\Dlubal\RX-TIMBER 2\General Data*) befindet. Diese Datei wird bei einem Update nicht überschrieben; eine Sicherungsdatei kann trotzdem von Vorteil sein.

8.7 Gestaltung

8.7.1 Layout

Das Layout eines Ausdruckprotokolls kann hinsichtlich der Schriftarten und -farben, der Randeinstellungen und des Tabellendesigns angepasst werden.



Der Dialog zum Bearbeiten des Seitenlayouts wird aufgerufen über Menü

Einstellungen → **Seite** oder

die zugeordnete Schaltfläche in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

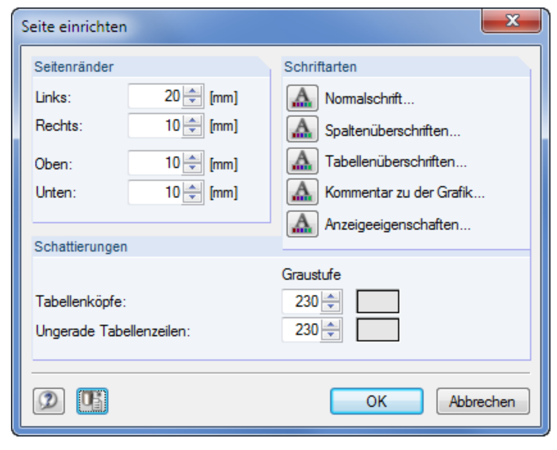
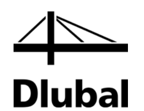


Bild 8.19: Dialog *Seite einrichten*



Es sind relativ kleine Standardfonts für Normal- und Spaltenüberschriften vorgesehen. Dennoch sollte man vorsichtig sein, die Voreinstellung **Arial 6** zu verändern. Mit größeren Fonts passen die Einträge nicht immer in die vorgesehenen Spalten und werden abgeschnitten.



8.7.2 Deckblatt



Das Ausdruckprotokoll kann mit einem Deckblatt versehen werden. Zur Eingabe der Deckblatt-daten ist ein Dialog aufzurufen über Menü

Einstellungen → **Deckblatt** oder

die zugeordnete Schaltfläche in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

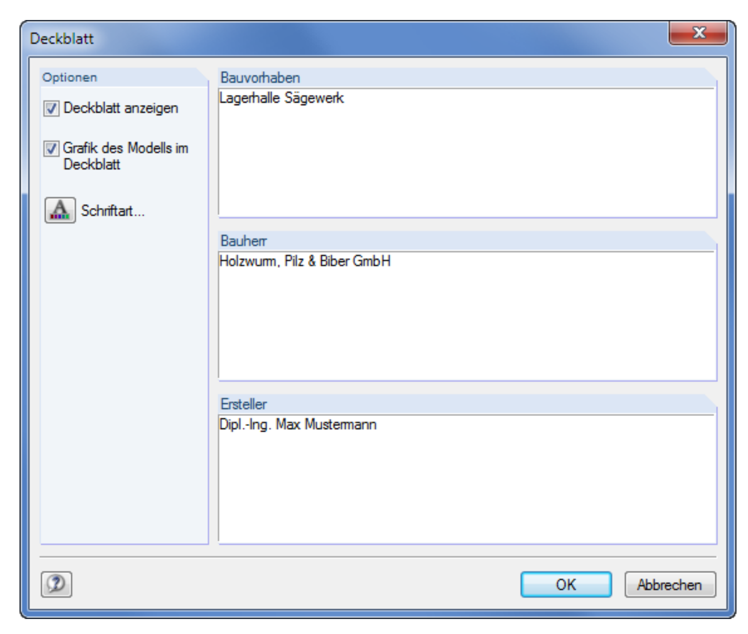


Bild 8.20: Dialog *Deckblatt*

Wenn alle Einträge vorliegen, kann das Deckblatt mit [OK] im Protokoll erstellt werden.

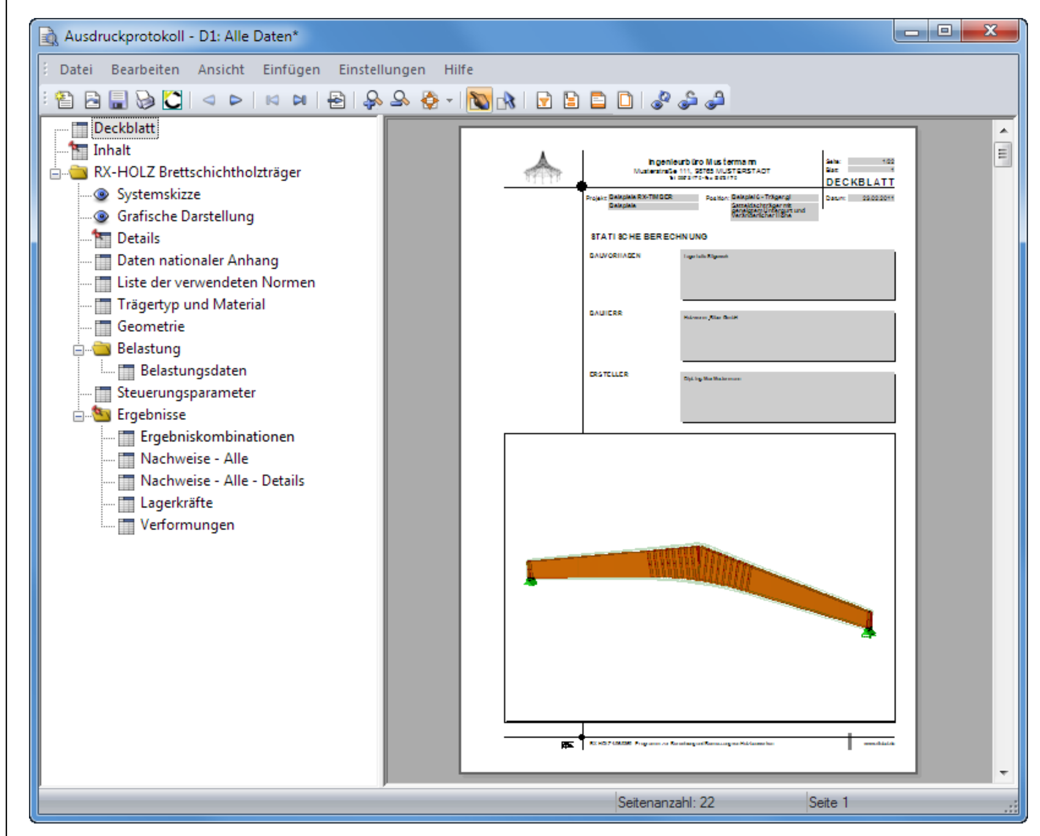


Bild 8.21: Deckblatt im Ausdruckprotokoll





Der Inhalt des Deckblatts kann im Selektionsmodus (siehe Tabelle 8.1, Seite 70) über einen Doppelklick nochmals geändert werden. Alternativ klicken Sie das Deckblatt im Navigator mit der rechten Maustaste an und benutzen den Kontextmenü-Eintrag *Eigenschaften*.

8.7.3 Sprache

Die Spracheinstellung im Ausdruckprotokoll ist unabhängig von der Sprache der RX-HOLZ-Benutzeroberfläche (siehe Kapitel 9.2, Seite 88). Mit der deutschen RX-HOLZ-Version kann also ein englisches oder italienisches Ausdruckprotokoll erzeugt werden.

Ändern der Sprache für den Ausdruck

Die im Ausdruckprotokoll benutzte Sprache wird geändert über Menü

Einstellungen → **Sprache**.

Im folgenden Dialog kann die gewünschte Sprache in der Liste ausgewählt werden.

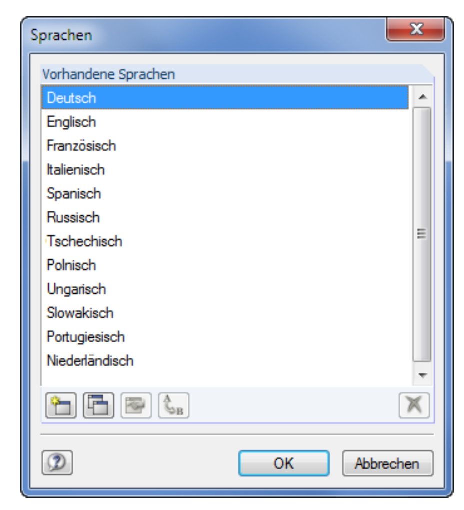


Bild 8.22: Dialog *Sprachen*

Erweitern der vorhandenen Sprachen

Die im Ausdruckprotokoll verwendeten Begriffe sind als Strings (Zeichenketten) abgelegt. Dadurch ist es relativ einfach möglich, weitere Sprachen einzubinden.

Rufen Sie zunächst den Dialog *Sprachen* auf über Menü

Einstellungen → **Sprache**.

Im unteren Bereich des Dialogs (Bild 8.22) werden einige Schaltflächen angeboten, die die Verwaltung der Sprachen ermöglichen.



Neue Sprache erzeugen

In einem Dialog ist der *Name* der neuen Sprache anzugeben und eine *Sprachgruppe* in der Liste auszuwählen, damit der Zeichensatz korrekt für die Darstellung interpretiert wird.

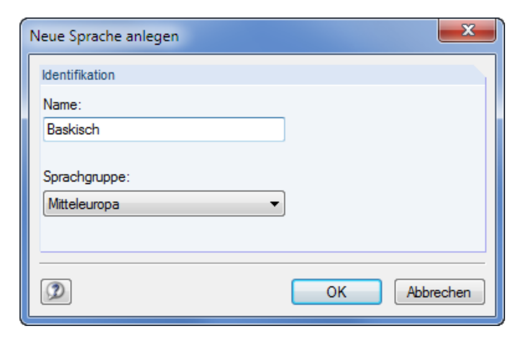


Bild 8.23: Dialog *Neue Sprache anlegen*

Nach [OK] steht die neue Sprache in der Liste *Vorhandene Sprachen* zur Verfügung.

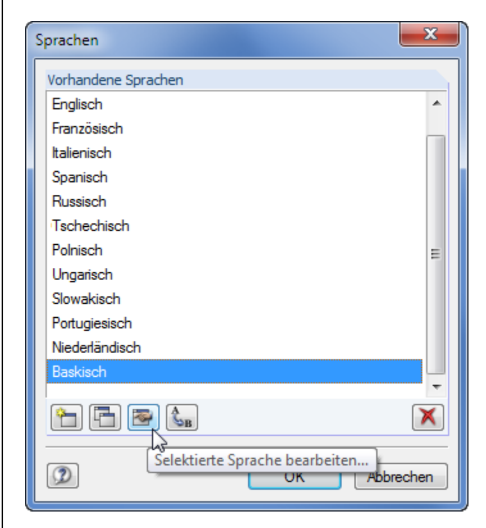


Bild 8.24: Dialog *Sprachen*, Schaltfläche *Selektierte Sprache bearbeiten*



Über [Bearbeiten] können die Strings der neuen Sprache eingegeben werden.

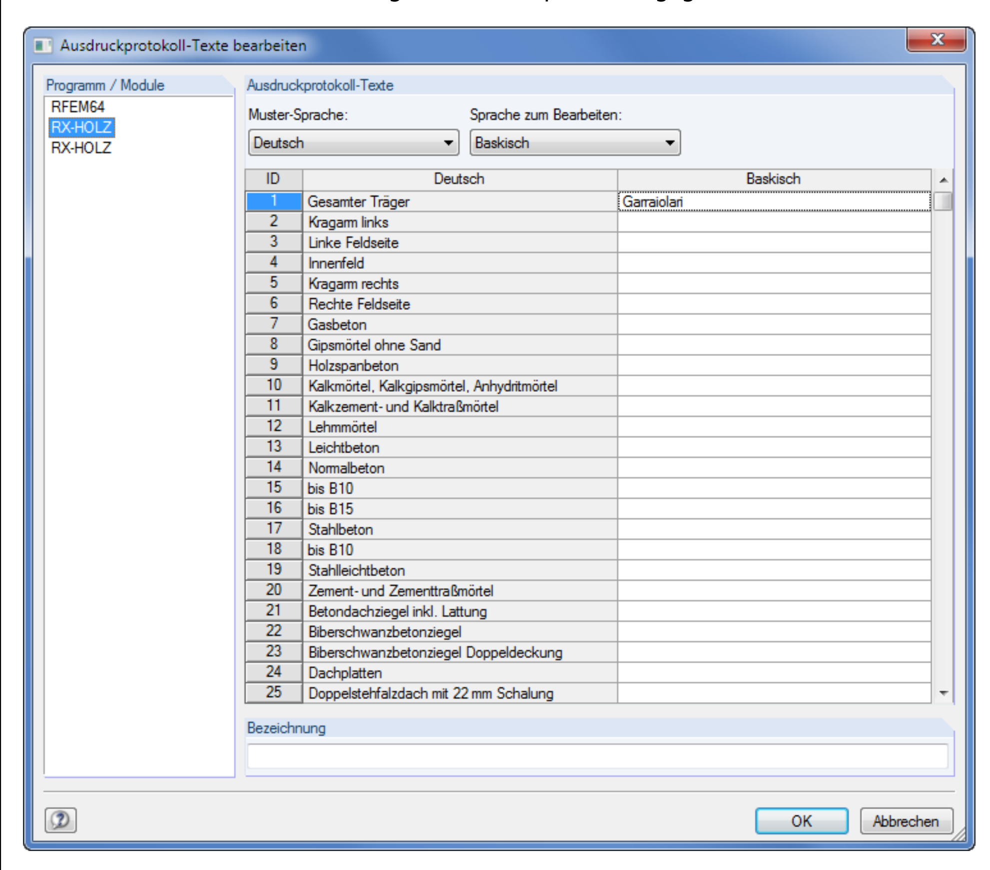


Bild 8.25: Dialog *Ausdruckprotokoll-Texte bearbeiten*

Es können nur benutzerdefinierte Sprachen bearbeitet werden.



Sprache kopieren



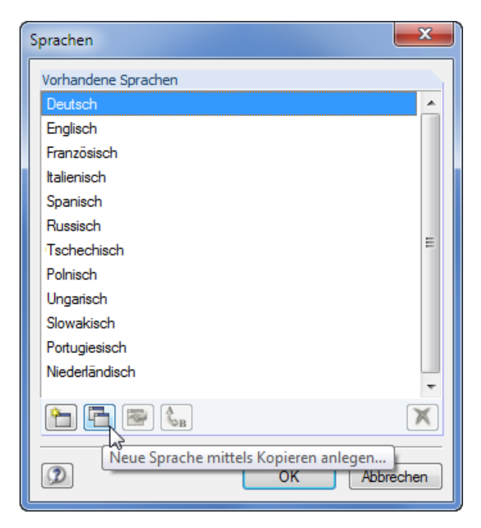


Bild 8.26: Dialog *Sprachen*, Schaltfläche *Neue Sprache mittels Kopieren anlegen*

Diese Funktion ähnelt dem Anlegen einer neuen Sprache. Der Unterschied besteht darin, dass keine „leere" Sprache angelegt wird (siehe Bild 8.25, Spalte *Baskisch*), sondern die Begriffe der markierten Sprache voreingestellt sind.

Sprache umbenennen oder löschen




Mit den verbleibenden Schaltflächen des Dialogs *Sprachen* können Sprachen umbenannt oder gelöscht werden. Diese beiden Funktionen sind nur für benutzerdefinierte Sprachen zugänglich, nicht jedoch für die vorgegebenen Standardsprachen.



8.8 Druckausgabe

8.8.1 Direktdruck



Der eigentliche Druckvorgang wird gestartet mit dem Ausdruckprotokoll-Menü

Datei → **Drucken**

oder der entsprechenden Schaltfläche in der Symbolleiste.

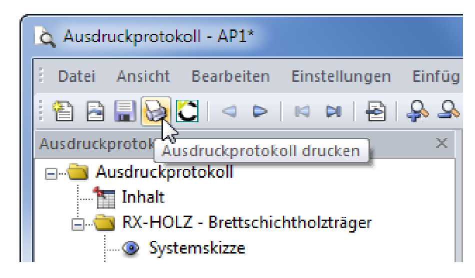


Bild 8.27: Schaltfläche *Ausdruckprotokoll drucken*

Es wird der Standard-Druckerdialog von Windows aufgerufen, in dem der Drucker und die zu druckenden Seiten festzulegen sind.

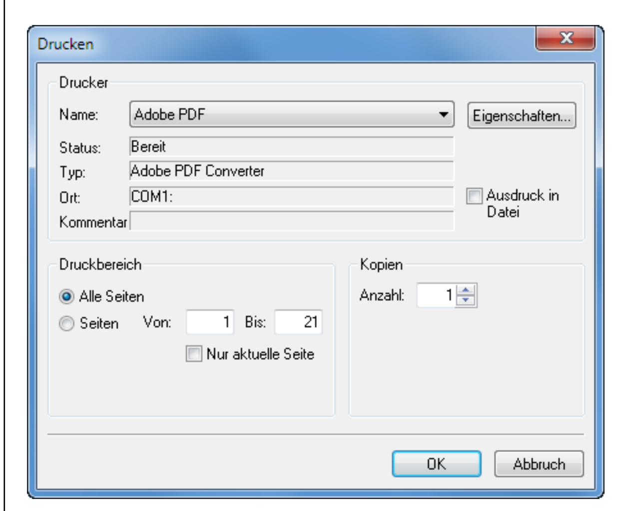


Bild 8.28: Dialog *Drucken*

Falls nicht der Standarddrucker verwendet wird, kann der Seitenumbruch und damit auch die Seitenzahl auf dem Papier von der Vorschau in RX-HOLZ abweichen.

Bei der Option *Ausdruck in Datei* wird eine Druckdatei im PRN-Format erzeugt. Diese kann mit dem **copy**-Befehl auf einen Drucker geleitet werden.

8.8.2 Export

Das Ausdruckprotokoll kann in verschiedene Dateiformate oder direkt nach *VCmaster* exportiert werden.

RTF-Export

Alle gängigen Textverarbeitungsprogramme unterstützen das RTF-Format. Das Ausdruckprotokoll einschließlich Grafiken wird als RTF-Dokument exportiert über Menü

Datei → **Export in RTF**.

Es öffnet sich der Windows-Dialog *Speichern unter* (siehe folgendes Bild).



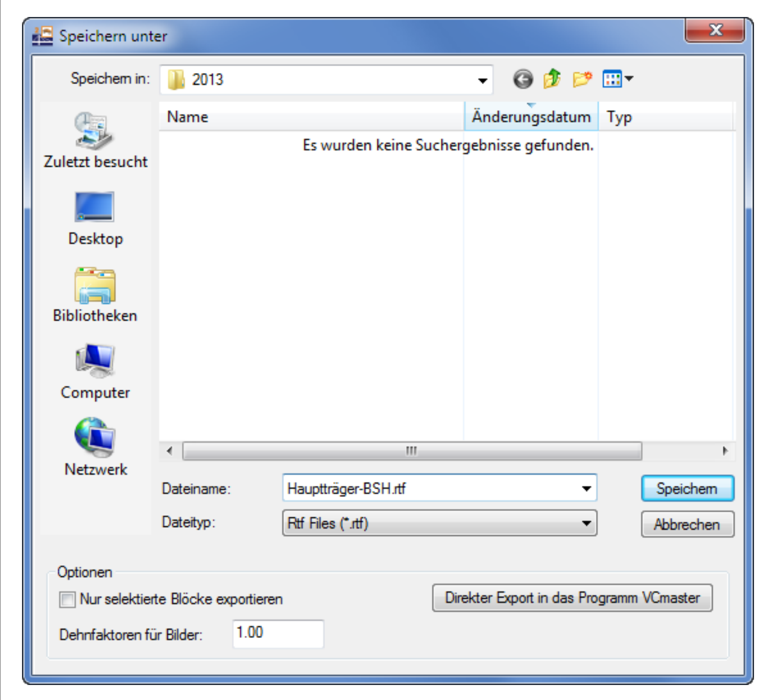


Bild 8.29: Dialog *Speichern unter*

Es sind der Speicherort und der Dateiname anzugeben. Wird das Kontrollfeld *Nur selektierte Blöcke exportieren* angehakt, so wird nicht das ganze Protokoll exportiert, sondern nur das bzw. die Kapitel, die zuvor im Navigator selektiert wurden.

PDF-Export

Der integrierte PDF-Drucker ermöglicht es, die Daten des Ausdrucksprotokolls als PDF-Datei auszugeben. Dies erfolgt über Menü

Datei → Export in PDF.

Im Windows-Dialog *Speichern unter* (siehe Bild 8.29Bild 8.29) sind der Speicherort und der Dateiname anzugeben. Der zusätzliche Abschnitt *Bezeichnung* ermöglicht es, Anmerkungen für die PDF-Datei vorzunehmen.



In der PDF-Datei werden auch Lesezeichen erzeugt, die das Navigieren im digitalen Dokument erleichtern.

VCmaster-Export

VCmaster aus dem Hause VEIT CHRISTOPH (früher *BauText*) ist ein Textverarbeitungsprogramm mit speziellen Erweiterungen für statische Berechnungen.



Der direkte Export nach *VCmaster* wird gestartet über Menü

Datei → Export in RTF

oder die Schaltfläche [VCmaster] in der Symbolleiste des Ausdruckprotokolls.

Es erscheint der im Bild 8.29 dargestellte Dialog, in dem das Kontrollfeld *Direkter Export in das Programm VCmaster* aktiviert werden muss.

Es ist nicht erforderlich, einen Dateinamen anzugeben, allerdings sollte *VCmaster* bereits im Hintergrund laufen. Nach [OK] wird das Importmodul von *VCmaster* gestartet.



9. Allgemeine Funktionen

9.1 Einheiten und Dezimalstellen

Die Einheiten und Dezimalstellen können während der Modellierung oder Auswertung beliebig geändert werden. Alle Zahlenwerte werden umgerechnet oder angepasst.

Einheiten und Dezimalstellen ändern



In einigen Dialogen ist der Dialog zum Ändern der Einheiten und Nachkommastellen über die links gezeigte Schaltfläche zugänglich (siehe Bild 9.6 für Dialog *Anzeigeeigenschaften*).

Alternativ wird der Dialog *Einheiten und Dezimalstellen* aufgerufen über Menü

Einstellungen → **Einheiten und Dezimalstellen**.

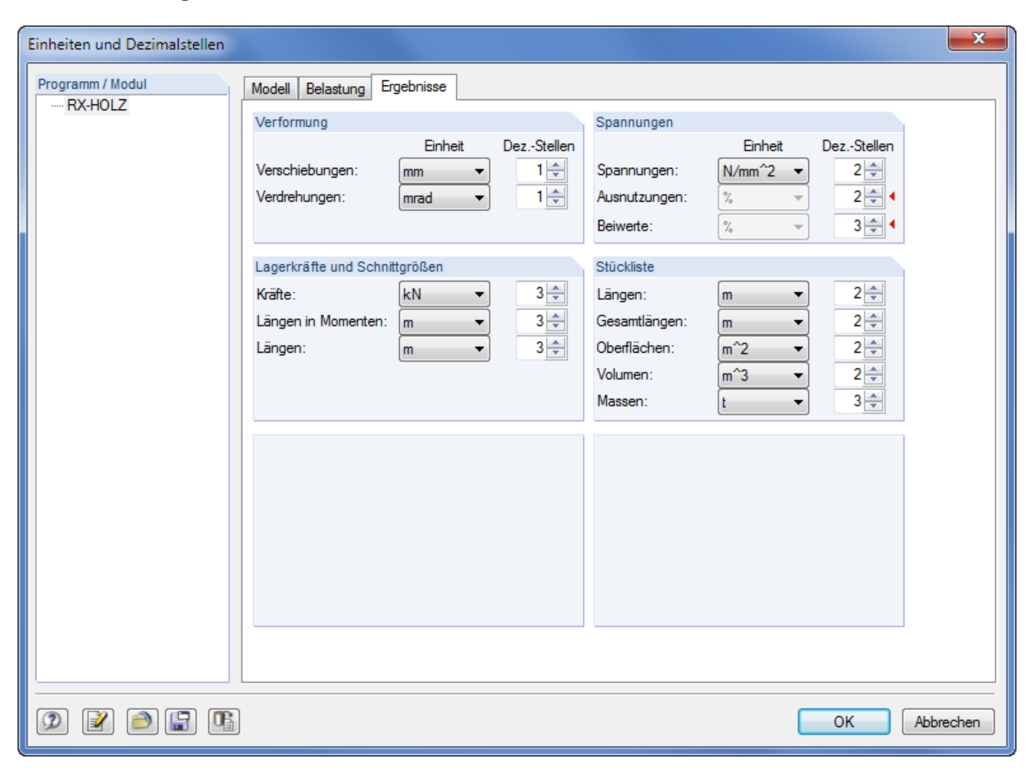


Bild 9.1: Dialog *Einheiten und Dezimalstellen*

Es werden drei Register angeboten, sodass die Vorgaben getrennt für die Daten des *Modells*, der *Belastung* und der *Ergebnisse* erfolgen können. Die Einheiten und Nachkommastellen sind in Abschnitten gruppiert.

Die Einheiten und Dezimalstellen, die für die aktuelle Maske relevant sind, werden wie im Bild oben dargestellt rechts mit einem roten Dreieck gekennzeichnet.

Einheiten als Benutzerprofil speichern und einlesen

Die Einstellungen des Dialogs *Einheiten und Dezimalstellen* können gespeichert und in anderen Modellen wieder verwendet werden. Dadurch sind spezifische Einheitenprofile für Holzmodelle möglich.



Die links dargestellte Schaltfläche ruft einen Dialog auf, in dem der *Name* des neuen Einheiten-Benutzerprofils anzugeben ist.



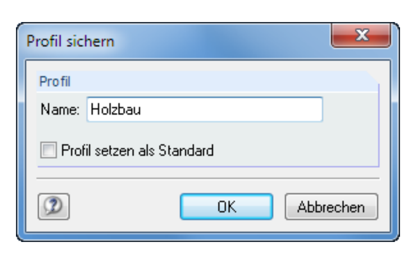


Bild 9.2: Dialog *Profil sichern*

Um dieses Profil als Voreinstellung für neue Modelle zu verwenden, ist das Kontrollfeld *Profil setzen als Standard* zu aktivieren.



Über die links dargestellte Schaltfläche kann ein Benutzerprofil eingelesen werden. Es öffnet sich ein Dialog, in dem verschiedene Profile zur Wahl stehen. Als Voreinstellungen sind ein metrisches und ein imperiales (angloamerikanisches) Einheitenprofil enthalten.



Bild 9.3: Dialog *Profil einlesen*

9.2 Spracheinstellungen

Es ist die Sprache voreingestellt, die bereits für die Installation gewählt wurde. Dabei wurden auch die Materialien und Querschnittsreihen in den Bibliotheken länderspezifisch arrangiert.

Die Benutzeroberfläche wird im Projektmanager (siehe Kapitel 4.1) geändert über Menü

Bearbeiten → Sprache (RX-HOLZ).

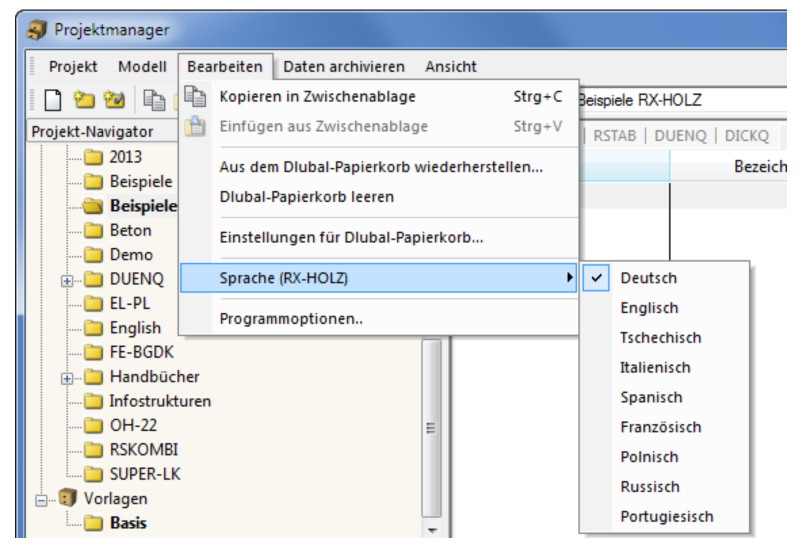


Bild 9.4: Projektmanager-Menü *Bearbeiten → Sprache (RX-HOLZ)*

Die geänderten Spracheinstellungen werden nach einem Neustart des Programms wirksam.



9.3 Anzeigeeigenschaften

Die Anzeigeeigenschaften steuern, wie ein grafisches Objekt in den Masken und im Ausdruck dargestellt wird.

Anzeige anpassen

Der Dialog zur Anpassung der grafischen Anzeige wird aufgerufen über Menü

Einstellungen → **Anzeigeeigenschaften**.

Generierte Lasten anzeigen... bzw. Zusätzliche Lasten definieren...

In Maske 1.3 *Belastung* ist dieser Dialog auch über eine Schaltfläche zugänglich: Zunächst ist über die links gezeigte Schaltfläche der Dialog *Lastfälle* aufzurufen (siehe Bild 5.29, Seite 48). Dort steht dann neben der Grafik die Schaltfläche [Bearbeiten] zur Verfügung.

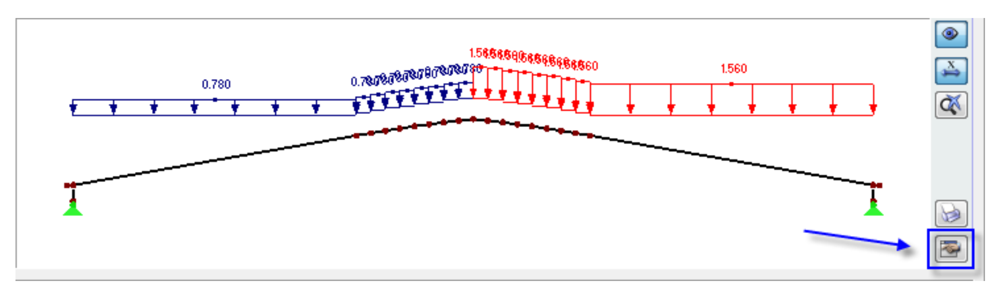


Bild 9.5: Schaltfläche *Bearbeiten* im Dialog *Lasten*

Es erscheint der Dialog *Anzeigeeigenschaften*.

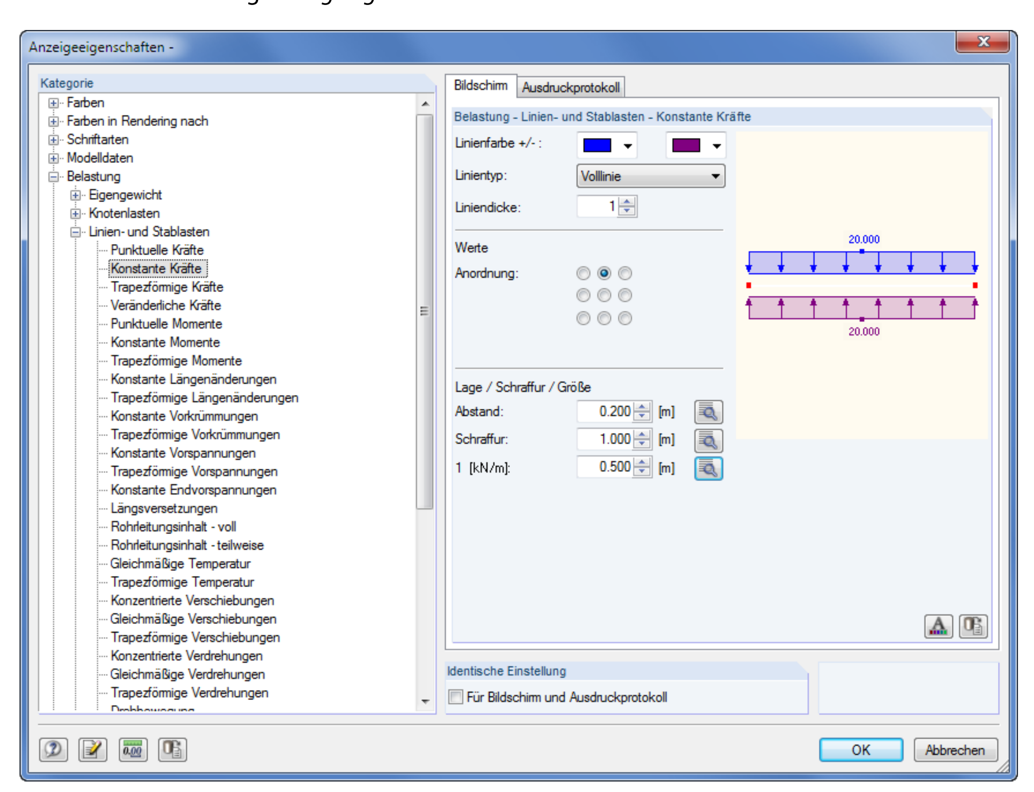


Bild 9.6: Dialog *Anzeigeeigenschaften*



Die Einstellungen für die Anzeige auf dem *Bildschirm* und für das *Ausdruckprotokoll* werden in zwei Registern verwaltet. Damit sind separate Anpassungen für die Monitorgrafik (z. B. Größe der Lagersymbole mit schwarzem Hintergrund) und für die Druckausgabe möglich.



Der *Kategorie*-Navigator zeigt die grafischen Objekte in einem Verzeichnisbaum an. Um die Anzeigeeigenschaften eines Objekts zu ändern, ist der entsprechende Eintrag zu selektieren. Im Abschnitt rechts können dann die objektspezifischen Anzeigeparameter angepasst werden: Farbe, Liniendarstellung, Art und Anordnung der Nummerierung, Schriftart, Größe des Lastvektors etc.

Über das Kontrollfeld *Identische Einstellungen für Bildschirm und Ausdruckprotokoll* lassen sich die Anzeigeeigenschaften für Bildschirm und Ausdruckprotokoll synchronisieren: Wird hier ein Häkchen gesetzt, so werden die anschließend getroffenen Einstellungen auch im anderen Register (*Bildschirm* bzw. *Ausdruckprotokoll*) der aktuellen Kategorie ausgeführt. Bereits getroffene Einstellungen lassen sich mit dieser Funktion nicht nachträglich übertragen.

Die Schaltflächen unterhalb der Parameter sind mit folgenden Funktionen belegt:

	Öffnet den Dialog *Schriftart* zum Ändern der Schriftart, -größe und -farbe
	Ruft die Achsen-Anzeigeparameter des aktuellen Objekts auf
	Öffnet den Dialog *Relative Positionen* zur Anordnung der Beschriftung
	Stellt die Standardeinstellungen wieder her

Tabelle 9.1: Schaltflächen im Dialog *Anzeigeeigenschaften*

9.4 Export der Ergebnisse

Die Ergebnisse der RX-HOLZ-Bemessung lassen sich auch in anderen Programmen verwenden.

Zwischenablage

Markierte Zellen der Ergebnismasken können mit [Strg]+[C] in die Zwischenablage kopiert und dann mit [Strg]+[V] z. B. in ein Textverarbeitungsprogramm eingefügt werden. Die Überschriften der Tabellenspalten bleiben dabei unberücksichtigt.

Ausdruckprotokoll

Protokoll...

Die RX-HOLZ-Daten können in das Ausdruckprotokoll gedruckt (siehe Kapitel 8.1, Seite 68) und dort exportiert werden über Menü

Datei → Export in RTF.

Diese Funktion ist im Kapitel 8.8.2 auf Seite 85 beschrieben.

Excel / OpenOffice

RX-HOLZ ermöglicht den direkten Datenexport zu MS Excel, OpenOffice.org Calc oder in das CSV-Format. Diese Funktion wird aufgerufen über das Menü

Datei → Tabellen exportieren.

Es öffnet sich folgender Exportdialog.

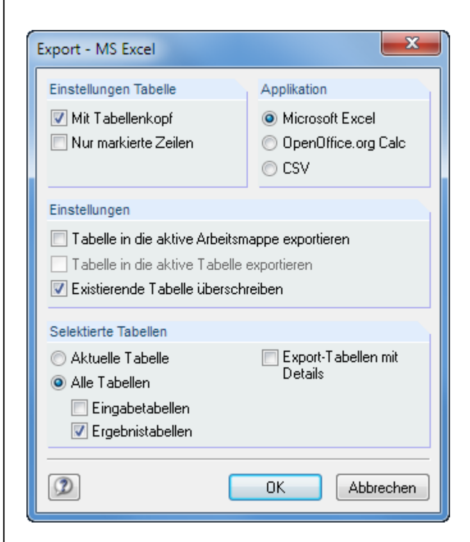
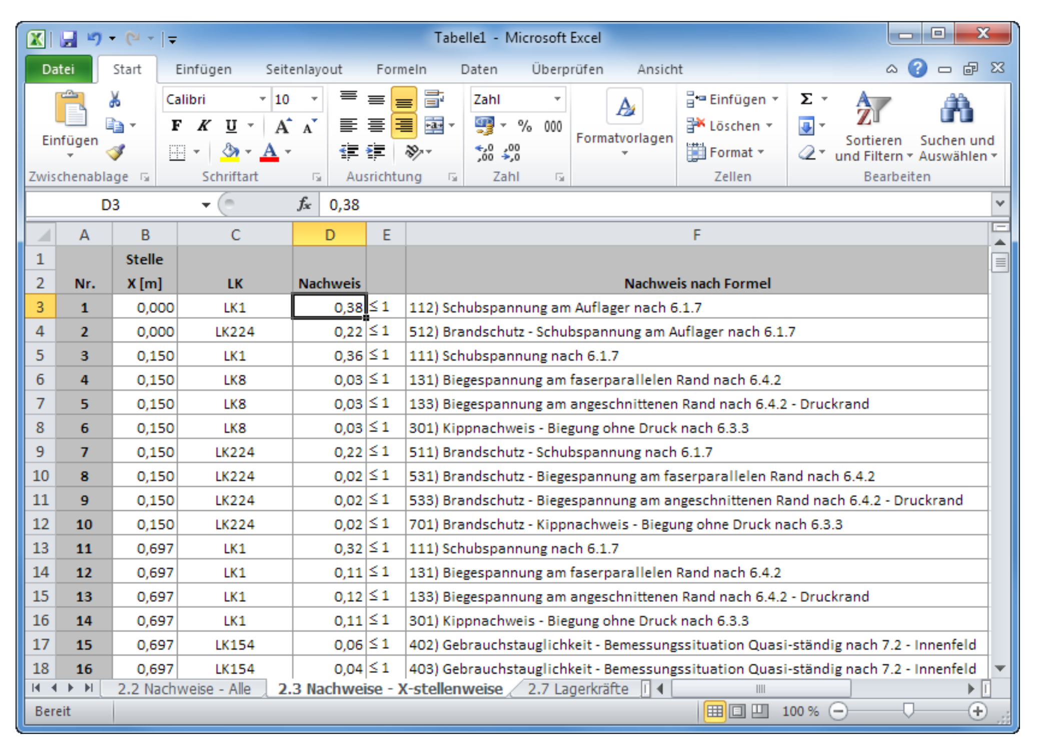


Bild 9.7: Dialog *Export - MS Excel*

Wenn die Auswahl feststeht, kann der Export mit [OK] gestartet werden. Excel bzw. OpenOffice werden automatisch aufgerufen, d. h. die Programme brauchen nicht zuvor geöffnet sein.



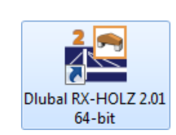
Nr.	Stelle X [m]	LK	Nachweis		Nachweis nach Formel
1	0,000	LK1	0,38	≤ 1	112) Schubspannung am Auflager nach 6.1.7
2	0,000	LK224	0,22	≤ 1	512) Brandschutz - Schubspannung am Auflager nach 6.1.7
3	0,150	LK1	0,36	≤ 1	111) Schubspannung nach 6.1.7
4	0,150	LK8	0,03	≤ 1	131) Biegespannung am faserparallelen Rand nach 6.4.2
5	0,150	LK8	0,03	≤ 1	133) Biegespannung am angeschnittenen Rand nach 6.4.2 - Druckrand
6	0,150	LK8	0,03	≤ 1	301) Kippnachweis - Biegung ohne Druck nach 6.3.3
7	0,150	LK224	0,22	≤ 1	511) Brandschutz - Schubspannung nach 6.1.7
8	0,150	LK224	0,02	≤ 1	531) Brandschutz - Biegespannung am faserparallelen Rand nach 6.4.2
9	0,150	LK224	0,02	≤ 1	533) Brandschutz - Biegespannung am angeschnittenen Rand nach 6.4.2 - Druckrand
10	0,150	LK224	0,02	≤ 1	701) Brandschutz - Kippnachweis - Biegung ohne Druck nach 6.3.3
11	0,697	LK1	0,32	≤ 1	111) Schubspannung nach 6.1.7
12	0,697	LK1	0,11	≤ 1	131) Biegespannung am faserparallelen Rand nach 6.4.2
13	0,697	LK1	0,12	≤ 1	133) Biegespannung am angeschnittenen Rand nach 6.4.2 - Druckrand
14	0,697	LK1	0,11	≤ 1	301) Kippnachweis - Biegung ohne Druck nach 6.3.3
15	0,697	LK154	0,06	≤ 1	402) Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Quasi-ständig nach 7.2 - Innenfeld
16	0,697	LK154	0,04	≤ 1	403) Gebrauchstauglichkeit - Bemessungssituation Quasi-ständig nach 7.2 - Innenfeld

Bild 9.8: Ergebnis in MS Excel: Tabelle 2.3 *Nachweise – X-stellenweise*

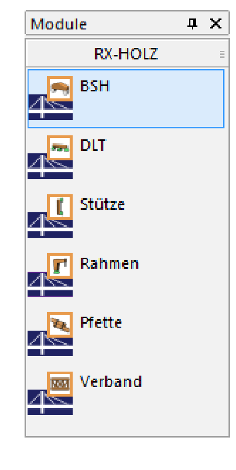


10. Brettschichtholzträger

Die wichtigsten Funktionen des Programms **RX-HOLZ BSH** werden anhand von zwei Beispielen vorgestellt.



Im ersten Beispiel wird ein Satteldachträger mit geneigtem Untergurt und veränderlicher Höhe (*Trägertyp 6*) eingegeben und berechnet. Das zweite Beispiel im Kapitel 10.2 behandelt den Kippnachweis eines Fischbauchträgers (*Trägertyp 8*).



Starten Sie das Programm über das Icon **Dlubal RX-HOLZ 2.xx** (siehe Kapitel 3.2, Seite 12) und wählen im Projektmanager dann das Modul **BSH**.

Die Daten dieser beiden Beispiele finden Sie auch in den Modellen *06.gl* und *08.gl* des Projekts *Beispiele RX-HOLZ*, das bei der Installation automatisch angelegt wird. Für die ersten Schritte mit RX-HOLZ ist es jedoch empfehlenswert, wenn Sie das Beispiel selbst eingeben.

10.1 Beispiel Satteldachträger

10.1.1 System und Belastung

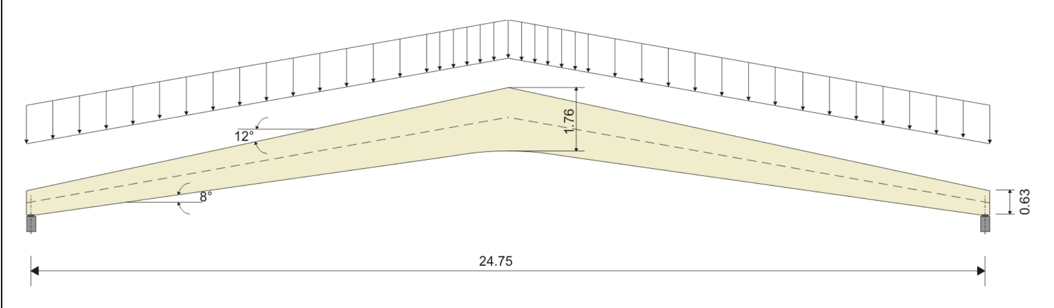


Bild 10.1: System und Belastung

Geometrie und Material

Als Material wird kombiniertes Brettschichtholz **GL24c** verwendet.

Der linear veränderliche Querschnitt des Trägers beträgt am Auflagerrand **h_s = 629,2 mm** und in Feldmitte **h_{ap} = 1761 mm**. Daraus ergibt sich eine Neigung der oberen Trägerseite von **12°** und der unteren Trägerseite von **8°**.

Die Trägerbreite beträgt **180 mm**.

Ermittlung der Belastung

Lastfall 1: Eigengewicht

Die Last ergibt sich aus dem Eigengewicht des Trägers und dem Dachaufbau des Gebäudes. Zur Ermittlung der Belastung sowie der Eingabe des Dachaufbaus wird auf das Kapitel 5.3 ab Seite 41 verwiesen.

Im Beispiel gehen wir von einem Dachaufbau von 0,64 kN/m² aus. Bei einem Binderabstand von 3 m ergibt sich hieraus eine Streckenlast von 1,92 kN/m – zuzüglich Trägereigengewicht.



Lastfall 2: Schnee

Das Bauvorhaben liegt in der Zone 1 mit einer Höhe von 200 m über NN. Mit dem Formbeiwert ergibt sich daraus eine Schneelast von:

$s = 0{,}8 \cdot 0{,}65\ \text{kN/m}^2 \cdot 3\ \text{m} = 1{,}56\ \text{kN/m}$

Die Schneelast wird als projizierte Länge mit der Lastrichtung Z angesetzt.



Der Lastfall *Wind* wird in diesem Beispiel nicht behandelt.

10.1.2 Eingabedaten

10.1.2.1 Trägertyp und Material

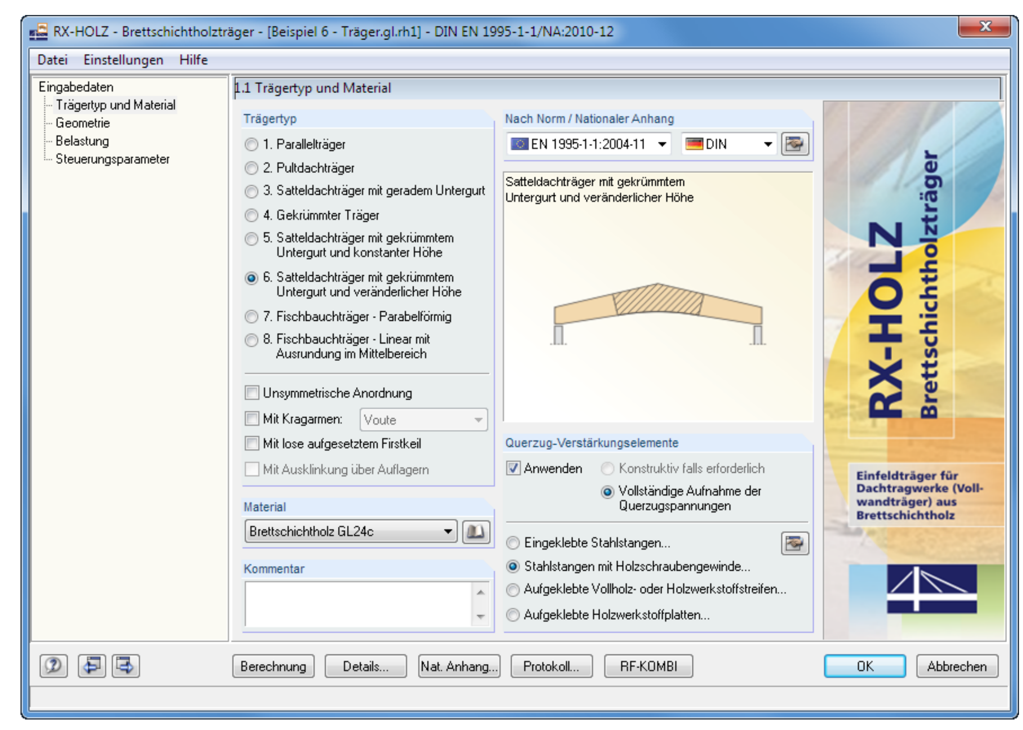


Bild 10.2: Maske 1.1 *Trägertyp und Material*

Um einen Satteldachträger mit veränderlicher Höhe einzugeben, legen wir in Maske 1.1 *Trägertyp und Material* den **Trägertyp 6** und das Material **Brettschichtholz GL24c** fest.

Standardmäßig ist ein Träger *Mit Kragarmen* voreingestellt. Für unser Beispiel deaktivieren wir diese Option, da ein Träger **ohne Kragarme** berechnet werden soll.

Der Träger soll nach **EN 1995-1-1:2004-11** und dem deutschen Nationalen Anhang gemäß **DIN** bemessen werden.

Bei diesem Trägertyp besteht generell eine große Gefahr eines Querzugversagens des Trägers. Deshalb lassen wir die erforderlichen **Querzug-Verstärkungselemente** berechnen.

Für unser Beispiel wählen wir **Stahlstangen mit Holzschraubengewinde**. Es öffnet sich ein neuer Dialog, in dem drei Möglichkeiten bestehen, die *Anordnung der Stahlstangen* zu steuern. Wir wählen die erste Option **Anzahl ermitteln**.

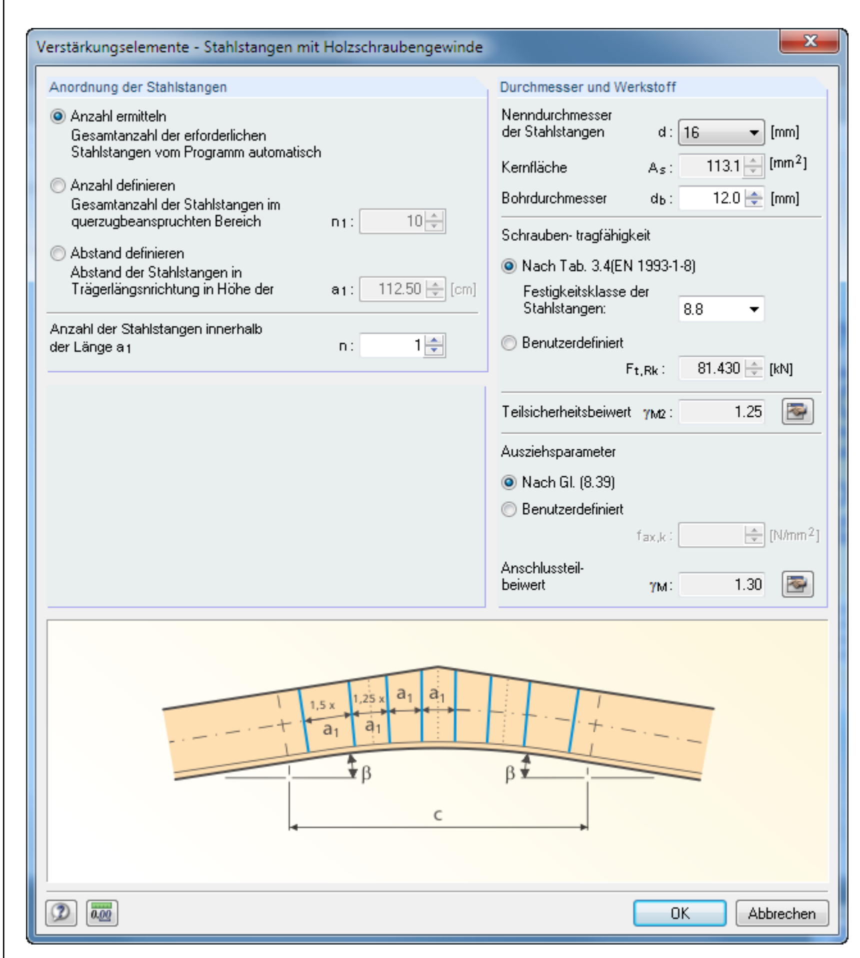


Bild 10.3: Dialog *Verstärkungselemente - Stahlstangen mit Holzschraubengewinde*

Der *Nenndurchmesser der Stahlstangen* beträgt **16 mm**. Die Schraubentragfähigkeit $F_{t,Rk}$ ermittelt sich aus der Festigkeitsklasse der Stahlstangen **8.8** nach EN 1993-1-8, Tabelle 3.4.



10.1.2.2 Geometrie

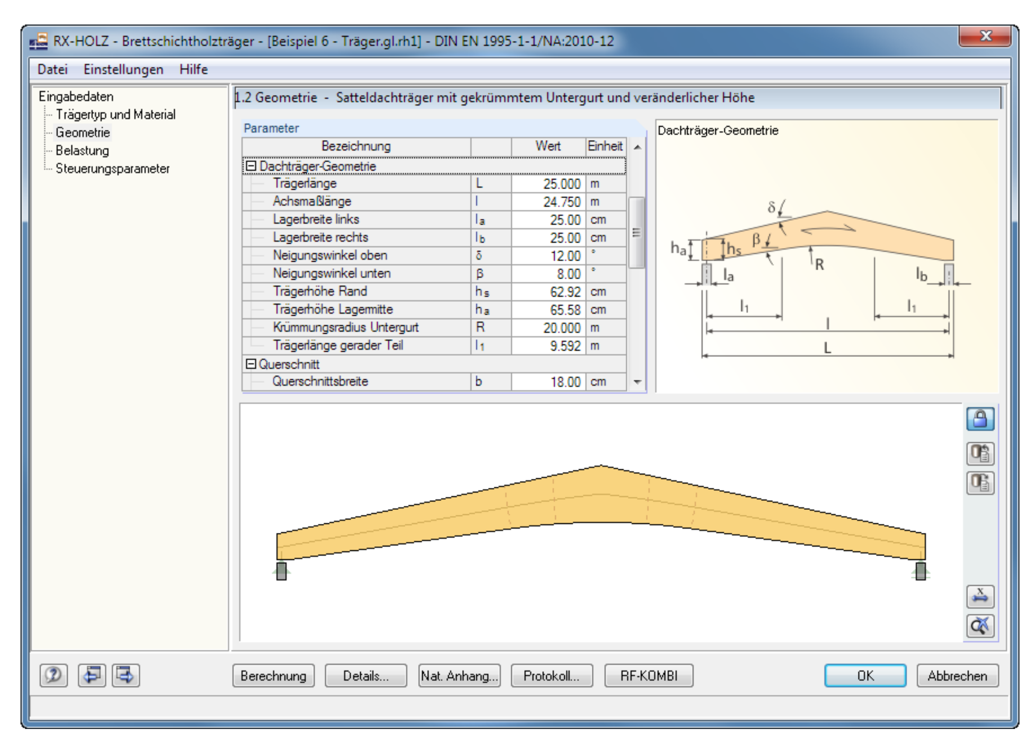


Bild 10.4: Maske 1.2 *Geometrie - Satteldachträger mit geneigtem Untergurt und veränderlicher Höhe*

In der zweiten Maske wird die Geometrie des Trägers und des Gebäudes eingegeben. Anhand der Gebäudeabmessungen ermittelt der programminterne Wind- und Schneelastgenerierer die Größe der Lastbereiche auf dem Dach sowie der anschließenden Wandflächen. Die Eingabe dieser Daten ist interaktiv: Sobald eine Änderung der Geometrie vorgenommen wird, ändert sich auch die Belastung des Trägers.

Als *Gebäudehöhe* wählen wir für unser Beispiel **10,00 m**, als *Gebäudetiefe* **40,00 m** und als *Binderabstand* **3,00 m**. Die gesamte *Trägerlänge* soll **25,00 m** betragen. Als *Lagerbreite* wählen wir **25 cm**. Die *Trägerhöhe Rand* beträgt **62,92 cm**, der *Neigungswinkel oben* **12°**, der *Neigungswinkel unten* **8°**.

Der *Krümmungsradius* ist nach [1] Gleichung (H.1) und [7] Absatz NA 11.4 in der Nutzungsklasse 1-2 zu begrenzen:

$$r = 2{,}5 \cdot 40^2 \text{ mm} + 117{,}5 \cdot 40 \text{ mm} = 8700 \text{ mm}$$

Um ein wirtschaftliches Verhältnis von Querzugbeanspruchung zu Holzvolumen zu erreichen, legen wir den Radius *R* mit **20,00 m** fest.

Als *Lamellendicke* wählen wir **4,0 cm** aus. Die Eingabe jeder gewünschten Lamellenstärke für einen Bereich von 0,5 bis 4,0 cm ist im Programm möglich. Standardmäßig auswählbar ist eine Stärke von 3,3 und 4,0 cm. Als *Querschnittsbreite* stellen wir **18,0 cm** ein.

Unter den *Angaben für Kippen* des Trägers geben wir als *Abstand seitlicher Halterungen* den Wert **3,00 m** und als *Abstand Verband* von der Trägerachse der Wert **31,50 cm** ein.

Der Abstand *e* als Mittenabstand der Aussteifung von der horizontalen Festhaltung des Stabes am Auflager ist in DIN 1052: 2004-08, Bild E.2 dargestellt. Je geringer der Abstand gewählt wird, desto größer wird das Moment, das von der Gabellagerung aufgenommen werden muss, da der Hebelarm zur Aufnahme des Kippmoments verringert wird.

$$T_d = M_d \cdot \left[\frac{1}{80} - \frac{1}{60} \cdot \frac{e}{h} \cdot (1 - k_m) \right]$$

Gleichung 10.1: Ermittlung der Gabellagerung gemäß Erläuterungen zu DIN 1052: 2008-12, Gleichung (14)



10.1.2.3 Belastung

Als erste Einwirkung in Maske 1.3 *Belastung* geben wir die *Ständige Einwirkung* für die Belastung „Eigengewicht und Dachaufbau“ ein. Als *Dachaufbau-Schicht* werden gewählt:

- Trapezblech mit 0,15 kN/m²
  - Dampfsperre mit 0,02 kN/m²
  - Steinwolle (d = 30 cm) mit 0,30 kN/m²
  - Pfetten mit 0,15 kN/m²
  - Gipskarton inkl. Unterkonstruktion mit 0,02 kN/m²

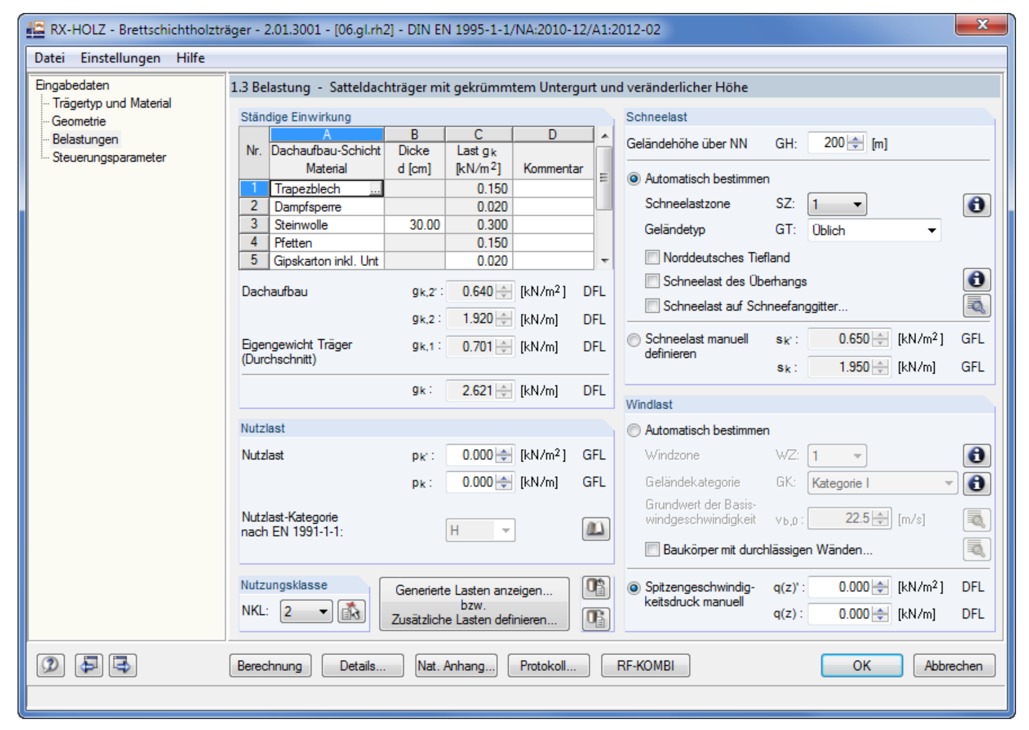


Bild 10.5: Maske 1.3 *Belastung*

[...]

Über die Schaltfläche [...] in Spalte *Dachaufbau-Schicht* können die Materialien aus der Bibliothek ausgewählt werden. Dort besteht auch die Möglichkeit, eine neue Belastung in die Materialbibliothek zu integrieren.

Generierte Lasten anzeigen... bzw. Zusätzliche Lasten definieren...

Aus diesem Dachaufbau ergibt sich die ständige Last g_k von 2,62 kN/m. Diese Belastung beinhaltet das Eigengewicht des Trägers. Da der Träger eine linear veränderliche Höhe aufweist, wird für das Eigengewicht des Trägers automatisch eine Trapezlast angesetzt. Über die Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen bzw. zusätzliche Lasten definieren] kann die Belastung betrachtet werden (siehe beispielsweise Bild 5.28, Seite 47). In dieser Tabelle können auch benutzerdefinierte Lasten eingegeben werden.



Es könnte hier eine zusätzliche *Nutzlast* definiert werden, indem man diese über die links dargestellte Schaltfläche aus einer Tabelle auswählt und anschließend die entsprechende *Nutzlast-Kategorie* aus der Liste für *EN 1991-1-1* zuweist. Wir legen für unseren Träger allerdings nur noch die **Nutzungsklasse 2** fest.



Zur Ermittlung der *Schneelast* geben wir die *Geländehöhe* von **200 m** über NN an. Die *Schneelastzone* **SZ 1** wird über einen Doppelklick in der Schneelastkarte definiert.

Die Windlast soll im Beispiel nicht untersucht werden. Dies lässt sich erreichen, indem der *Spitzengeschwindigkeitsdruck manuell* in den beiden Eingabefeldern auf **0.00** gesetzt wird.



10.1.2.4 Steuerungsparameter

Die letzte Eingabemaske 1.4 *Steuerungsparameter* verwaltet die Vorgaben zu den Nachweisen, die geführt werden sollen.

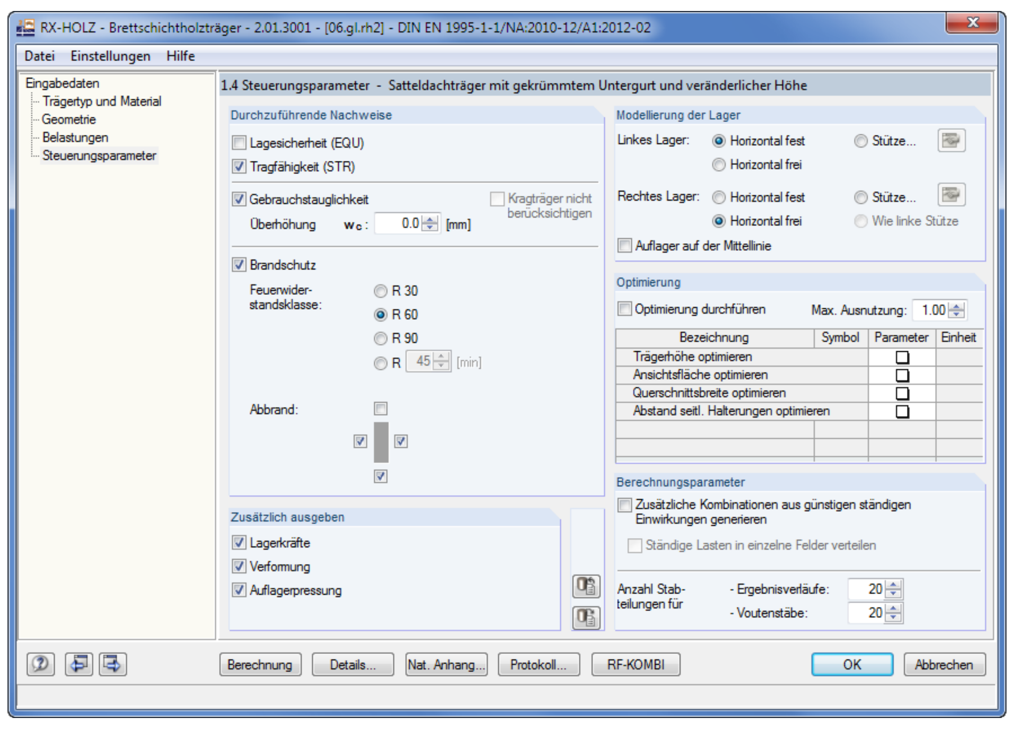


Bild 10.6: Maske 1.4 *Steuerungsparameter*

Für das Beispiel sind die **Tragfähigkeit**, die **Gebrauchstauglichkeit** und der **Brandschutz** nachzuweisen. Als Feuerwiderstandsklasse wählen wir **R 60**. Da an der Trägeroberseite kein *Abbrand* stattfindet, deaktivieren wir diese Seite am Trägersymbol.

Wir überprüfen, ob die weiteren Einstellungen mit denen des oben dargestellten Bildes übereinstimmen. Die Eingabe der Geometrie und der Belastung ist damit abgeschlossen.



10.1.3 Berechnung

10.1.3.1 Kombinationen mit RF-KOMBI

RF-KOMBI

Das Modul RF-KOMBI ist direkt in RX-HOLZ integriert. Damit lassen sich sämtliche Ergebniskombinationen automatisch generieren. Das Modul wird über die Schaltfläche [RF-KOMBI] gestartet.

Um keine unnötig hohe Anzahl an Ergebniskombinationen zu erzeugen, empfiehlt es sich, in der RF-KOMBI-Maske 1.1 *Basisangaben* im Abschnitt *Zusätzliche Untersuchung* die *Reduzierung der möglichen Ergebniskombinationen* zu aktivieren: Dadurch wird gewährleistet, dass die Ergebnisse von RF-KOMBI alle maßgebenden Ergebniskombinationen umfassen, jedoch nicht mehr Lastfälle als erforderlich generiert werden.

Weitere Informationen finden Sie im Handbuch zu RF-KOMBI, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt.

Für unser Beispiel betrachten wir nur die Ergebniskombination 2. Zu diesem Zweck haken wir in Maske 2.3 *Ergebniskombinationen - reduziert* alle Ergebniskombinationen bis auf **EK 2** ab und verlassen das Modul RF-KOMBI anschließend mit [OK].

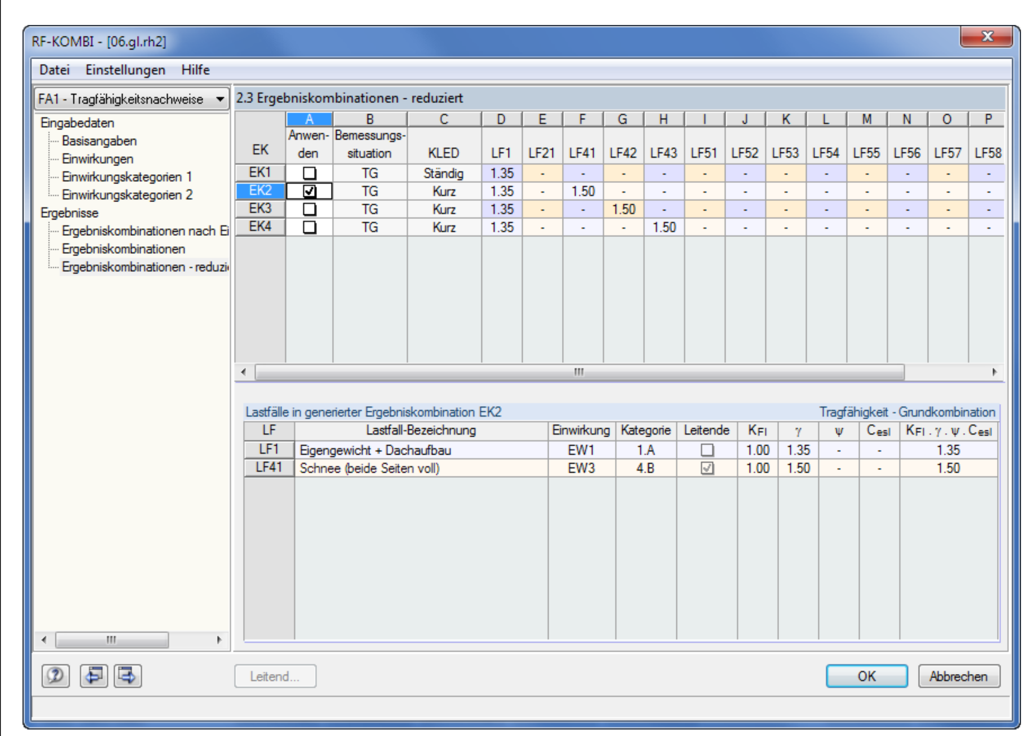


Bild 10.7: RF-KOMBI Maske 2.3 *Ergebniskombinationen - reduziert*

10.1.3.2 Berechnung starten

Berechnung

Wurden alle Eingaben entsprechend dieser Vorgaben getätigt, kann im Programm RX-HOLZ die [Berechnung] durch einen Klick auf die gleichnamige Schaltfläche gestartet werden.



10.1.4 Ergebnisse

Nach der Berechnung zeigt der Navigator weitere Einträge für die *Ergebnisse* an.

Da in einem Träger die Stelle der größten Biegespannung nicht zwangsläufig die Stelle des größten Moments ist, unterteilt RX-HOLZ den Träger in kleine Abschnitte und führt an diesen Stellen des Trägers die Nachweise. Falls eine noch genauere Berechnung erforderlich ist, kann die Stabteilung in Maske 1.4 *Steuerungsparameter*, Abschnitt *Berechnungsparameter* verfeinert werden. Die Nachweise für die Teilungsstellen können in Maske 2.3 *Nachweise X-stellenweise* eingesehen werden.

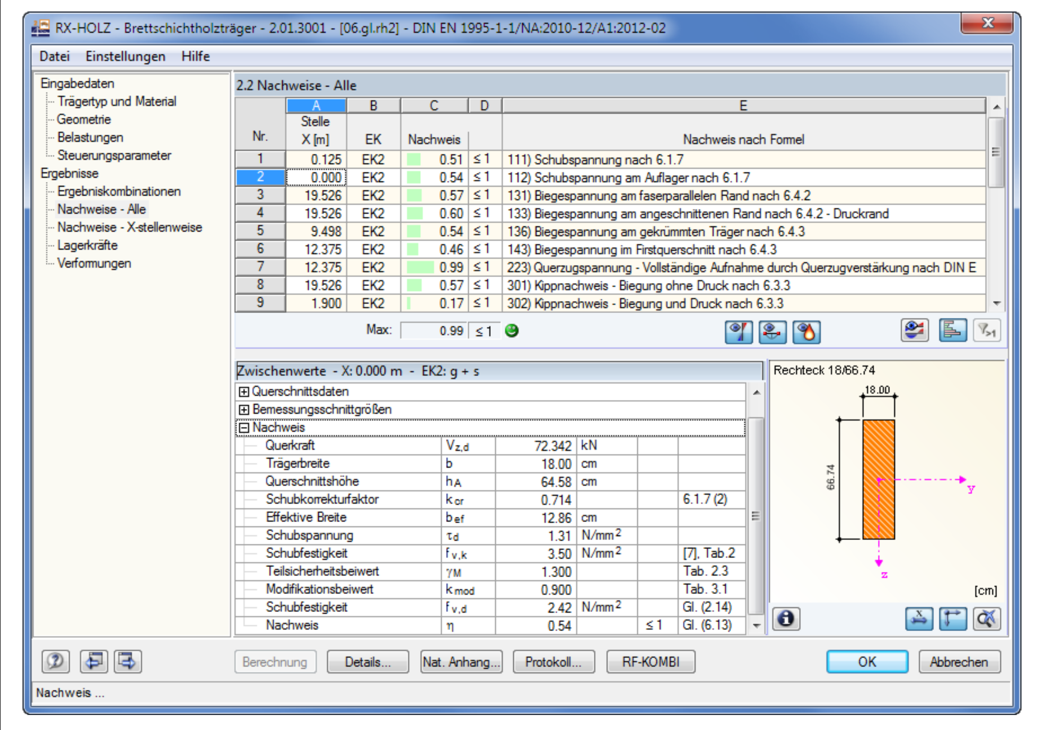


Bild 10.8: Maske 2.2 *Nachweise - Alle* für Tragfähigkeit (Schubspannung am Auflager)



Wir betrachten die Nachweise der [Tragfähigkeit] für die Ergebniskombination EK 2. Anhand der in Spalte E angegebenen Hinweise zu den Gleichungen der EN 1995-1-1:2004-11 sind die einzelnen Nachweise gut nachvollziehbar. Der Abschnitt *Zwischenwerte* unterhalb gibt Auskunft über die Bemessungsdetails des Nachweises, der in der Tabelle oben ausgewählt ist.

In der folgenden Handrechnung setzen wir eine Linienlast von 5,78 kN/m mit gemitteltem Trägereigengewicht an. RX-HOLZ hingegen berücksichtigt beim Eigengewichtsanteil exakt die linear veränderliche Trägerhöhe.

Nachweis der Schubspannung

Eine Reduzierung der Querkraft ist bei diesem Träger nicht notwendig.

Schubspannung am Auflager

$$\tau_d = 1{,}5 \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h_A} = 1{,}5 \cdot \frac{72{,}34 \cdot 10^3}{128{,}6 \cdot 645{,}8} = 1{,}31 \frac{N}{mm^2}$$

mit $k_{cr} = \dfrac{2{,}5}{f_{v,k}}$

$$b_{ef} = b \cdot k_{cr} = 180\,mm \cdot 0{,}714 = 128{,}6\,mm$$



Bemessungswert der Festigkeit

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 3{,}5 \cdot \frac{0{,}9}{1{,}3} = 2{,}42 \, \frac{N}{mm^2}$$

Nachweis

$$\frac{\tau_d}{\tau_{v,d}} = \frac{1{,}31}{2{,}42} = 0{,}54 < 1$$

Dieser Wert wird wie in Bild 10.8 gezeigt auch in RX-HOLZ für den Schubnachweis am Auflager ausgewiesen.

Nachweis der Biegespannung (Nachweis 6.4.2)

Wie bereits erwähnt, erfolgt der Nachweis für die Biegebeanspruchung des Trägers nicht zwangsläufig an der Stelle des maximalen Biegemoments. Für unser Beispiel berechnen wir die Stelle der maximalen Beanspruchung und vergleichen die Ergebnisse für diese Stelle mit den Werten, die RX-HOLZ hierfür ermittelt.

Stelle der maximalen Beanspruchung (globales Koordinatensystem)

$$x = \frac{l \cdot h_a}{2 \cdot h_1} = \frac{25{,}00 \cdot 0{,}656}{2 \cdot 1{,}565} = 5{,}24 \text{ m}$$

Trägerhöhe an Stelle x = 5,24 m

$$h'_x = h_a \cdot \left(2 - \frac{h_a}{h_{ap}} \right) = 0{,}656 \cdot \left(2 - \frac{0{,}656}{1{,}76} \right) = 1{,}06 \text{ m}$$

$$h_x = h_{x'} \cdot \cos\frac{\alpha + \beta}{2} = 1{,}06 \cdot \cos\frac{12+8}{2} = 1{,}05 \text{ m}$$

Widerstandsmoment

$$W_x = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{18 \cdot 105^2}{6} = 33075 \, cm^3$$

Bemessungsmoment

$$M_{x,d} = \frac{q \cdot x \cdot (l - x)}{2} = \frac{5{,}9 \cdot 5{,}26 \cdot (25{,}00 - 5{,}26)}{2} = 306{,}3 \text{kNm}$$

Biegespannung

$$\sigma_{m,\alpha,d} = \frac{M_{x,d}}{W_x} = \frac{306{,}3 \cdot 10^3}{33075} = 9{,}3 \, \frac{N}{mm^2}$$

Für den Nachweis im Druckbereich am oberen Trägerrand ergibt sich für unser Beispiel ein Materialwiderstand von:

$$f_{m,\alpha,d} = f_{m,d} \cdot k_{m,\alpha} = 24 \cdot \frac{0{,}9}{1{,}3} \cdot 0{,}951 = 15{,}81 \, \frac{N}{mm^2}$$

$k_{m,\alpha} = 0{,}951$ gemäß Gleichung (6.40)

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,\alpha,d}} = \frac{9{,}3}{15{,}8} = 0{,}59$$

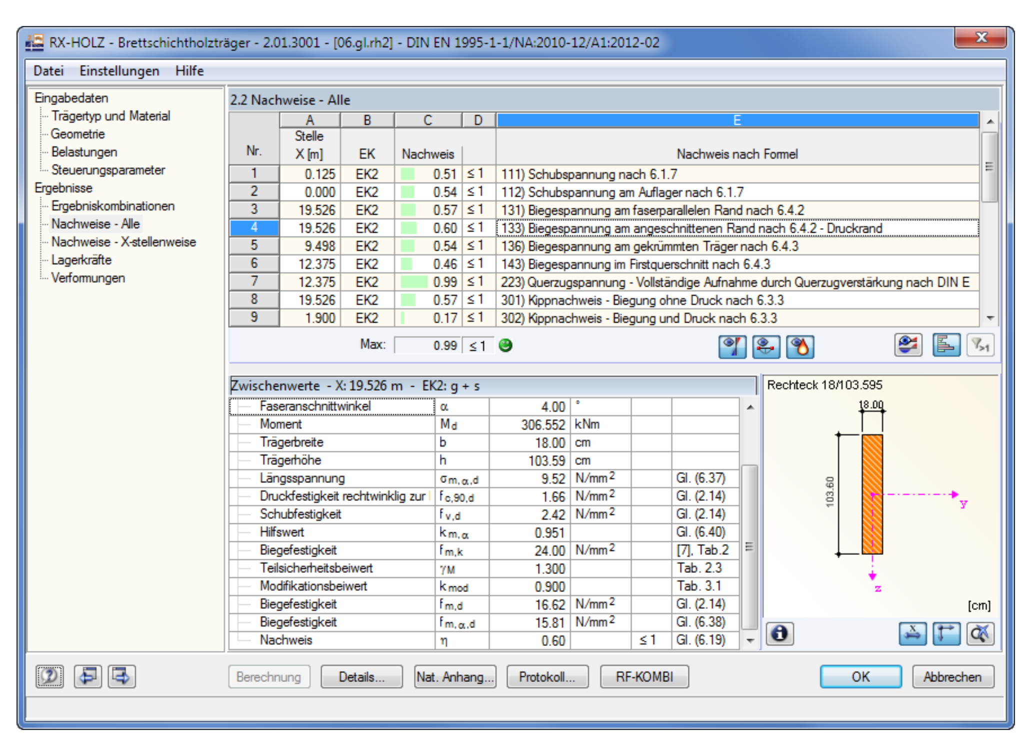


Bild 10.9: Maske 2.2 *Nachweise - Alle* für Tragfähigkeit (Biegespannung am Druckrand)

Der Nachweisquotient des Programms ist mit 0,60 an der x-Stelle 19,526 m geringfügig größer (siehe Bild 10.9). RX-HOLZ führt den Nachweis wie erwähnt nicht zwangsläufig an der Stelle mit der maximalen Biegebeanspruchung, sondern untersucht die Teilungsstellen. In der Handrechnung ist zudem ein gemitteltes Trägereigengewicht angesetzt.

Kippnachweis

Zur Aussteifung des Trägers sind zwischengehängte Pfetten vorgesehen, die den Kippabstand auf 3,00 m festlegen.

Bezogener Kippschlankheitsgrad an Stelle x = 5,70 m

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\frac{0{,}78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} \cdot 1{,}4}} = \sqrt{\frac{2{,}4}{\frac{18^2 \cdot 0{,}78}{113{,}60 \cdot 300} \cdot 940 \cdot 1{,}4}} = 0{,}496 \leq 0{,}7$$

Bei der Ermittlung des Kippschlankheitsgrades wird gemäß deutschem NA das 5 %-Quantil der Steifigkeitskennwerte mit dem Faktor 1,4 multipliziert.

Für die Stabilitätsberechnung gevouteter Querschnitte setzt RX-HOLZ die Querschnittswerte an, die im Abstand der 0,65fachen Stablänge vom Stabende mit dem kleineren Querschnitt vorliegen. Damit ist gewährleistet, dass der Nachweis nach dem Ersatzstabverfahren korrekt erfolgt.

Daraus folgt gemäß Gleichung (6.34):

$$k_{crit} = 1$$

Bemessungswert der Festigkeit

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 24 \cdot \frac{0{,}9}{1{,}3} = 16{,}62 \frac{N}{mm^2}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} = \frac{9{,}52}{1 \cdot 16{,}62} = 0{,}57 < 1$$



Nach Gleichung (6.35) muss auch eine Überlagerung mit Druckkraft durchgeführt werden.

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit}\cdot f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}\cdot f_{c,0,d}} = (0{,}57)^2 + \frac{0{,}003\,kN/cm^2}{0{,}86\cdot 14{,}54} = 0{,}325 < 1$$

Torsionsnachweis

Details...

Bei Trägertypen dieses Beispiels ruft die Einspannung der Gabellager eine Torsion des Querschnitts hervor. Es sind daher spezielle Torsionsnachweise erforderlich, die hier jedoch nicht durchgeführt werden. Die Vorgaben können im Dialog *Details* getroffen werden, der über die gleichnamige Schaltfläche zugänglich ist.

Für die korrekte Anwendung des Verfahrens ist der Abstand *e* des aussteifenden Verbandes bedeutsam, der in Maske 1.2 *Geometrie* bei den Angaben für Kippen anzugeben ist. RX-HOLZ vergrößert den Abstand bei einem gevouteten Querschnitt automatisch. Ausgangspunkt für das Programm ist hierbei die Achse des Auflagers. Der Abstand *e* der Aussteifungen wird vom Anfang des Stabes und dort zur Achse bezogen gemessen. Er ist somit auch relevant für den Nachweis der Verdrehung des Querschnitts um seine Achse.

10.1.5 Dokumentation

Protokoll...

Ein Klick auf die Schaltfläche [Protokoll] startet die Druckvorschau der berechneten Daten.

Das geladene Ausdruckprotokoll kann angepasst werden über das Protokoll-Menü

Bearbeiten → **Auswahl**.

Im Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion* wählen wir im Register *Ergebnisse* nur die Nachweise der **Tragsicherheit** aus, indem wir die Häkchen für die Optionen *Gebrauchstauglichkeit* und *Brandschutz* entfernen.

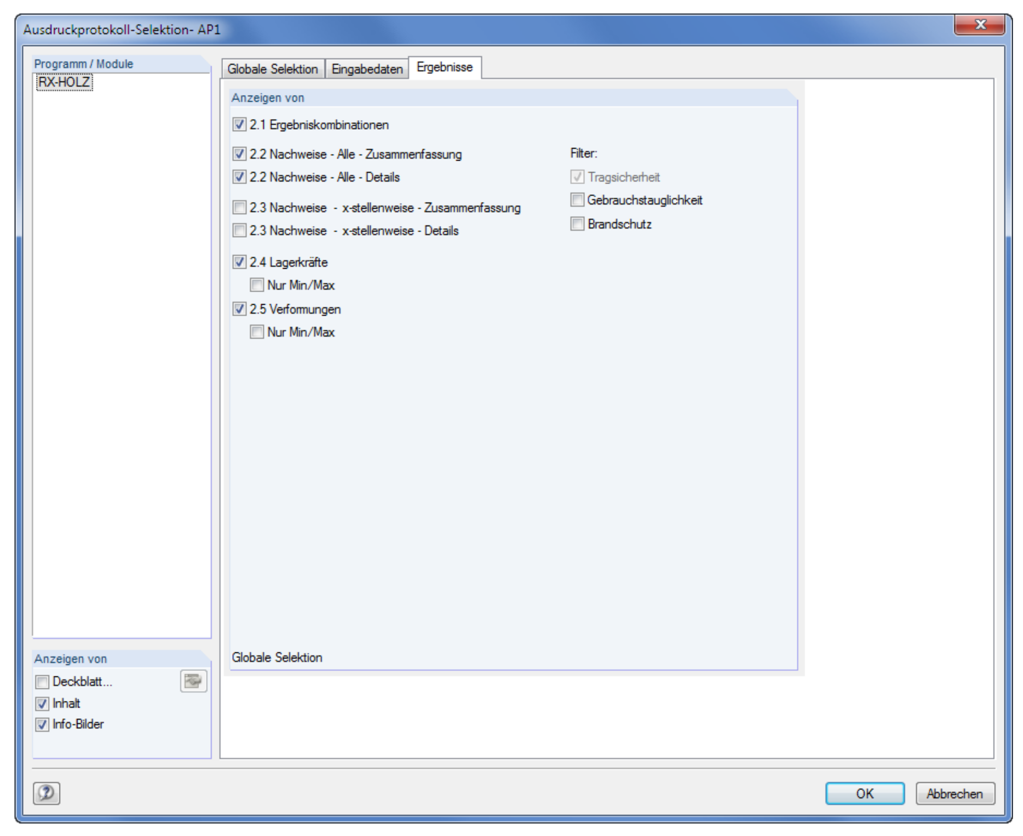


Bild 10.10: Dialog *Ausdruckprotokoll-Selektion*



Die anderen voreingestellten Werte belassen wir und bestätigen unsere Auswahl mit [OK].

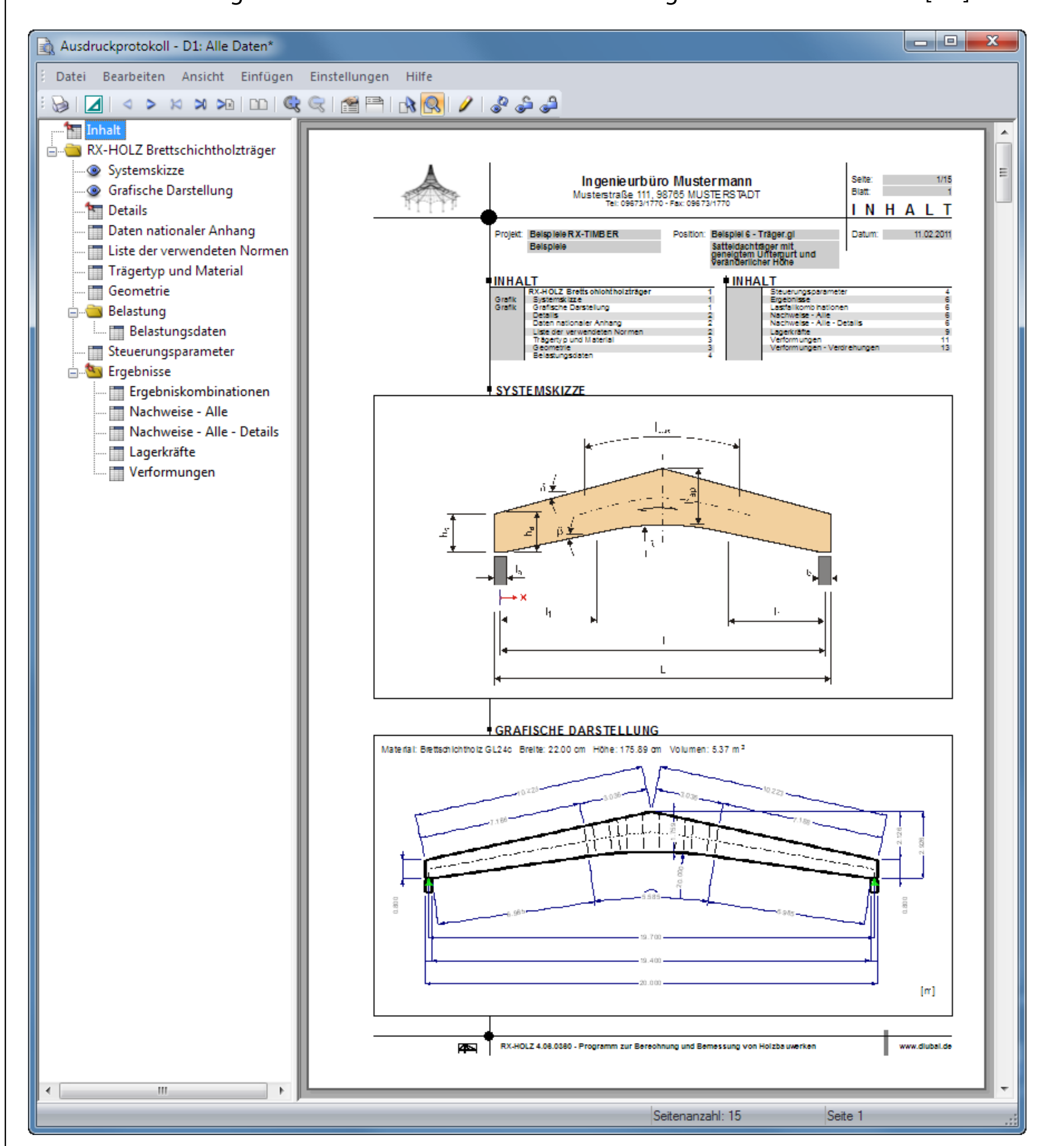


Bild 10.11: Druckvorschau im Ausdruckprotokoll

Weitere Informationen zur Gestaltung des Ausdruckprotokolls finden Sie im Kapitel 8.



10.2 Beispiel Fischbauchträger

Beim vorherigen Beispiel des Satteldachbinders mit geneigtem Untergurt und veränderlicher Höhe ist zu erkennen, dass die Auslastung im Programm um wenige Prozentpunkte höher liegt als beim händischen Nachweis. Dies liegt daran, dass die Nachweise über eine Unterteilung des Trägers in eine Vielzahl von x-Stellen berechnet werden. Die Anzahl dieser Stellen und damit die Genauigkeit der Ergebnisse kann über die Anzahl der Stabteilungen in Maske 1.4 *Steuerungsparameter* eingestellt werden.

Die Vorgehensweise sowie aus dieser Berechnungsmethode resultierende Vor- oder Nachteile werden an einem Fischbauchträger (*Trägertyp 8*) erläutert.

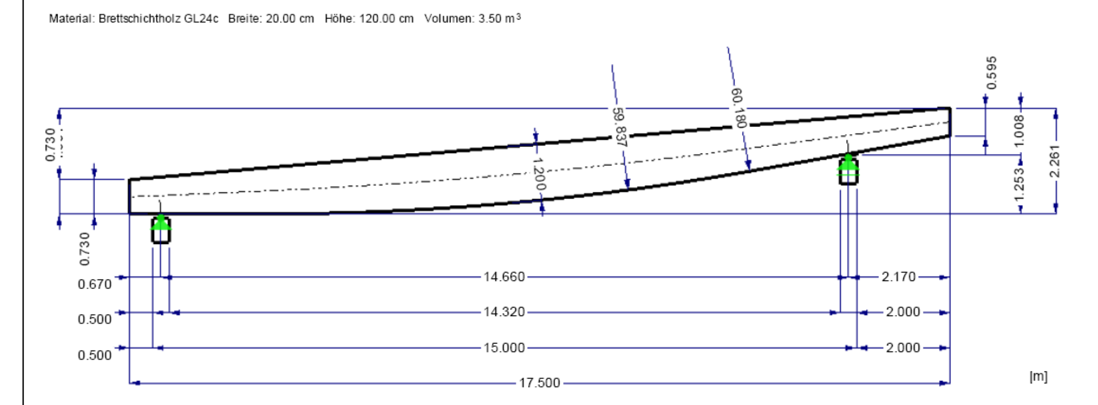


Bild 10.12: Geometrie des Fischbauchträgers

10.2.1 Geometrie

Der hier vorgestellte *Trägertyp 8* besitzt eine lineare Ausrundung im Mittelbereich mit einer Gerade l_1 zu beiden Auflagern hin. Die Trägerhöhe am Auflager wird an der inneren Kante des Auflagers generiert und muss am linken und rechten Auflager identisch sein.

Bei der Generierung der Geometrie fragt das Programm analog zu den anderen Trägertypen die geometrischen Bedingungen des Trägers ab und prüft dabei, ob es möglich ist, den Mindestradius der Unterkante nach [1] Anhang H sowie [7] Absatz NA11.4 in Abhängigkeit der Lamellendicke in die Neigung der Geraden l_1 einzubinden: Wenn die Neigung der Geraden aufgrund der Höhe des Firstes zu steil oder flach wird und damit der Radius nicht mehr in den Träger integriert werden kann, ist die Eingabe eines unzulässigen Wertes nicht möglich.

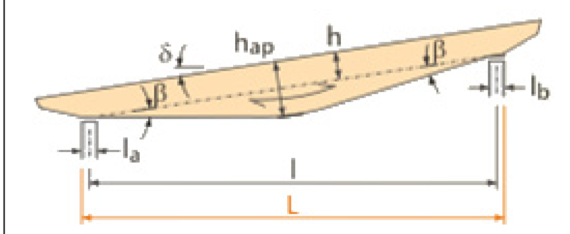


Bild 10.13: Definitionsparameter



10.2.2 Kippnachweis

Die Generierung der Belastung wird nicht mehr behandelt, da sie im vorherigen Beispiel vorgestellt wurde. Zum Vergleich der Ergebnisse empfiehlt sich das Modell *08.gl*, das automatisch mit installiert wurde. Zur Untersuchung des Kippnachweises betrachten wir die Ergebniskombination 2 mit den Belastungen aus Dachaufbau und Schnee.

EK2 = 1,35 · LF1 + 1,50 · LF41

Berechnung

Für den Nachweis wählen wir in Maske 1.4 *Steuerungsparameter* eine relativ exakte Teilung des Binders mit **20 Teilungen**. Anschließend führen wir die [Berechnung] durch.

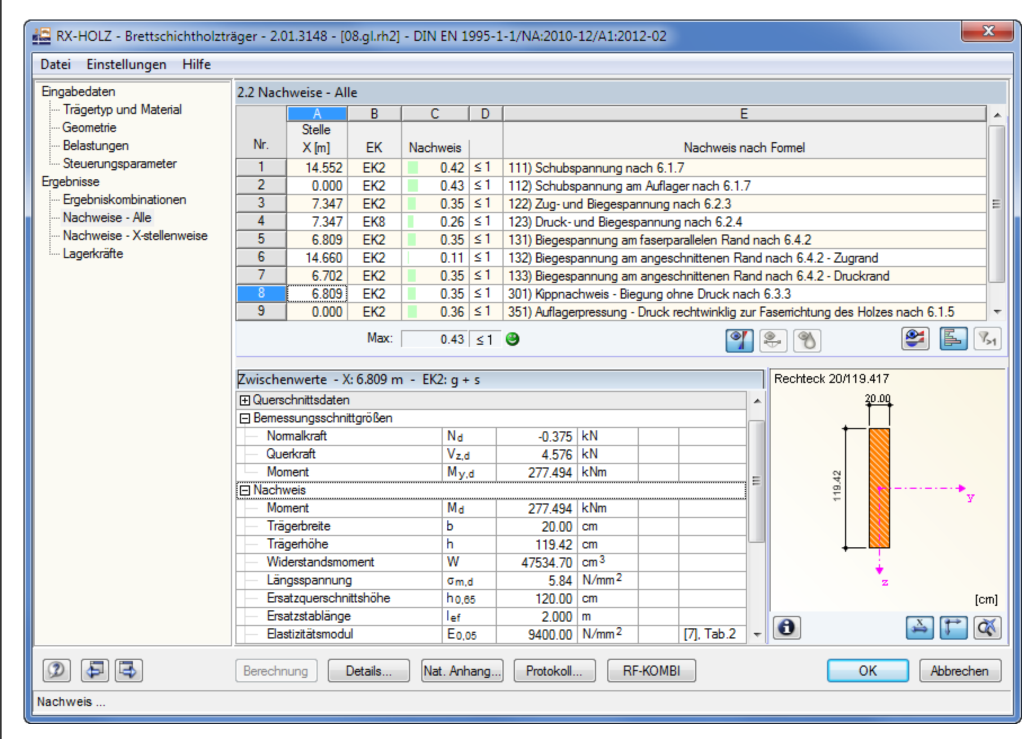


Bild 10.14: Maske 2.2 *Nachweise - Alle* für Tragfähigkeit

Für die X-Stelle von 6,809 m gibt das Programm eine Auslastung von 35 % im Kippnachweis aus. Der zugehörige Schlankheitsgrad wird mit $\lambda_{rel,m}$ = 0,375 angegeben. Als Ersatzhöhe $h_{0,65}$ errechnet das Programm 120 cm. Die Ersatzhöhe für den Schlankheitsgrad nimmt RX-HOLZ hierbei wie im Kapitel 10.1.4 erläutert mit der Höhe an, die im Abstand von 65 % der eingegebenen Ersatzstablänge vom Stabende mit dem kleineren Querschnitt aus vorliegt (siehe DIN 1052:2008-12, 8.4.3 (3), 8.4.3 (4) und 8.4.4 (2)).

Die Ersatzstablänge wurde bei diesem Träger auf 2,00 m festgesetzt. In einem händischen Nachweis würde man nun die Höhe an jedem Punkt, an dem die Kipplänge verkürzt wird, ermitteln und mit dieser Höhe die Spannung für den Punkt ermitteln. Den Kippbeiwert z. B. im Nachweis (6.34) gemäß DIN EN 1995-1-1 ermitteln wir mit einer Ersatzhöhe im Abstand von 0,65 · l_{ef}.

Für den Handnachweis benutzen wir folgende Werte:

X-Stelle = 6,81 m

Höhe des Querschnitts = 1,19 m

Ersatzhöhe $h_{0,65}$ = 1,20 m

Biegefestigkeit $f_{m,k}$= 24 N/mm² (GL24c)

Trägerbreite b = 180 mm



Bezogener Schlankheitsgrad nach Gl. (6.30)

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\frac{0{,}78 \cdot b^2}{h_{0,65} \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} \cdot 1{,}4}} = \sqrt{\frac{2{,}4}{\frac{20^2 \cdot 0{,}78}{120 \cdot 200} \cdot 940 \cdot 1{,}4}} = 0{,}375 \leq 0{,}7$$

Kippbeiwert $k_{crit} = 1$

Bemessungswert der Festigkeit

$$f_{m,d} = f_{m,k} \cdot \frac{k_{mod}}{\gamma_M} = 24 \cdot \frac{0{,}9}{1{,}3} = 16{,}62 \frac{N}{mm^2}$$

Widerstandsmoment an X-Stelle = 6,81 m

$$W_y = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{20 \cdot 119{,}7^2}{6} = 47203 cm^3$$

Spannung an X-Stelle = 6,81 m

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{27749 \text{ kNcm}}{47203{,}3 \text{ cm}^3} = 0{,}588 \frac{kN}{cm^2} = 5{,}88 \frac{N}{mm^2}$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{5{,}88}{1 \cdot 16{,}62} = 0{,}35 < 1$$

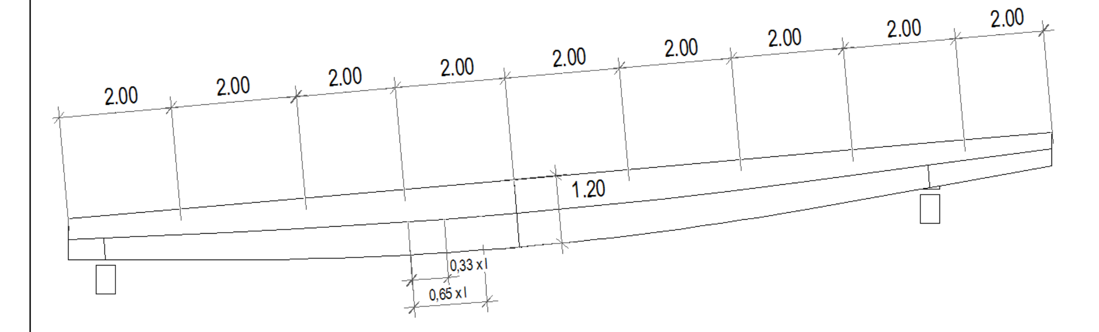


Bild 10.15: Ersatzhöhe im händischen Nachweis

Im Bild oben ist erkennbar, dass das Programm im Gegensatz zum Handnachweis nicht mit der 0,65fachen, sondern mit der 0,33fachen effektiven Stablänge rechnet.

Dies liegt u. a. daran, dass ein Programm nicht erkennen kann, ob die Teilung in X-Stellen bzw. die daraus resultierende Ersatzhöhe zu einem sinnvollen Ergebnis führt. Im Firstbereich des Trägers könnte es sonst vorkommen, dass die Ersatzhöhe hinter dem First gewählt wird und damit deutlich zu gering berechnet wird.



11. Durchlaufträger

Module
RX-HOLZ
BSH
DLT
Stütze
Rahmen
Pfette
Verband

Dieses Beispiel stellt die Nachweise gemäß DIN EN 1995-1-1:2010 anhand eines Zweifeldträgers mit 4,00 m und 5,00 m Feldlänge vor.

Die Modelldaten sind im Modell *07.dlt* des Projekts *Beispiele RX-HOLZ* abgelegt. Sie ist unter den Beispieldateien des Programms **DLT** zu finden.

11.1 System und Belastung

LF1 - Eigengewicht und Aufbau

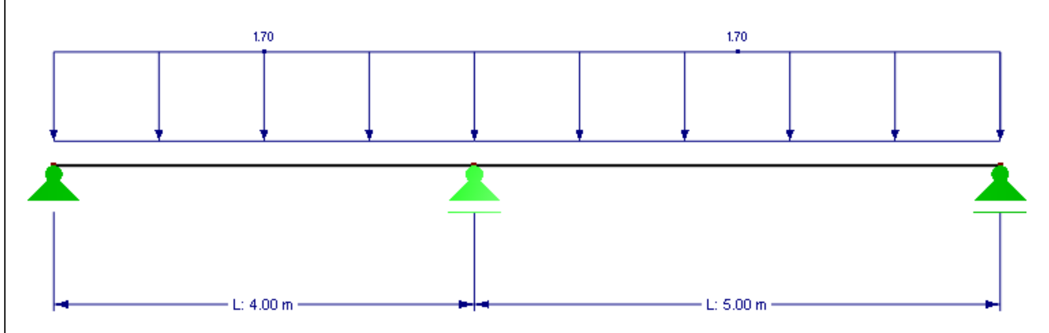


Bild 11.1: System und Belastung

Modell

Querschnitt: b/d = 70/240 mm NKL 1 → $k_{def} = 0{,}6$

Material: NH C24

Die Decke befindet sich oberhalb eines Wohnraums. Daraus folgt die Nutzlast Kategorie **A** und die KLED **mittel**.

Feldlängen: $l_1 = 4{,}00\text{m}$ $l_2 = 5{,}00\text{m}$

Belastung

Lastfall 1: Eigengewicht und Aufbau g = 1,7 kN/m KLED = ständig

Lastfall 2: Nutzlast q = 2,0 kN/m KLED = mittel

Ergebniskombinationen

Tragfähigkeit EK 1 = 1,35 · LF1 = 2,3 kN/m

EK 2 = 1,35 · LF1 + 1,5 · LF 2 = 5,3 kN/m

Gebrauchstauglichkeit

- **Charakteristisch seltene Situation**

  Beschränkung der Durchbiegung: $w_{inst} = w_{g,inst} + w_{q,1,inst} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{q,i,inst} \le l/300$

  $G_C = g \cdot 1{,}0 + p \cdot 1{,}0 = 1{,}7\,\text{kN/m} + 2{,}0\,\text{kN/m} = 3{,}7\,\text{kN/m}$

- **Quasi-ständige Bemessungssituation**

  $w_{net,fin} = w_{g,inst} \cdot (1 + k_{def}) + \sum_{i \ge 1} \psi_{2,i} \cdot w_{q,i,inst} \cdot (1 + k_{def}) - w_c \le l/300$

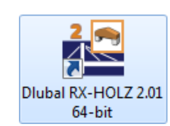
  $GQ = (1 + k_{def}) \cdot g + \psi_{2,i} \cdot p \cdot (1 + k_{def}) = (1 + 0{,}6) \cdot 1{,}7\,\text{kN/m} + 0{,}3 \cdot 2\,\text{kN/m} \cdot 1{,}6 = 3{,}68\,\text{kN/m}$

Um die Ergebnisse der Handrechnung besser mit denen des Programms vergleichen zu können, wird das Eigengewicht des Trägers nicht berücksichtigt.



11.2 Eingabe der Modelldaten

11.2.1 Basisangaben



Starten Sie das Programm über das Icon **Dlubal RX-HOLZ 2.xx** (siehe Kapitel 3.2, Seite 12) und wählen im Projektmanager das Programm **DLT**.

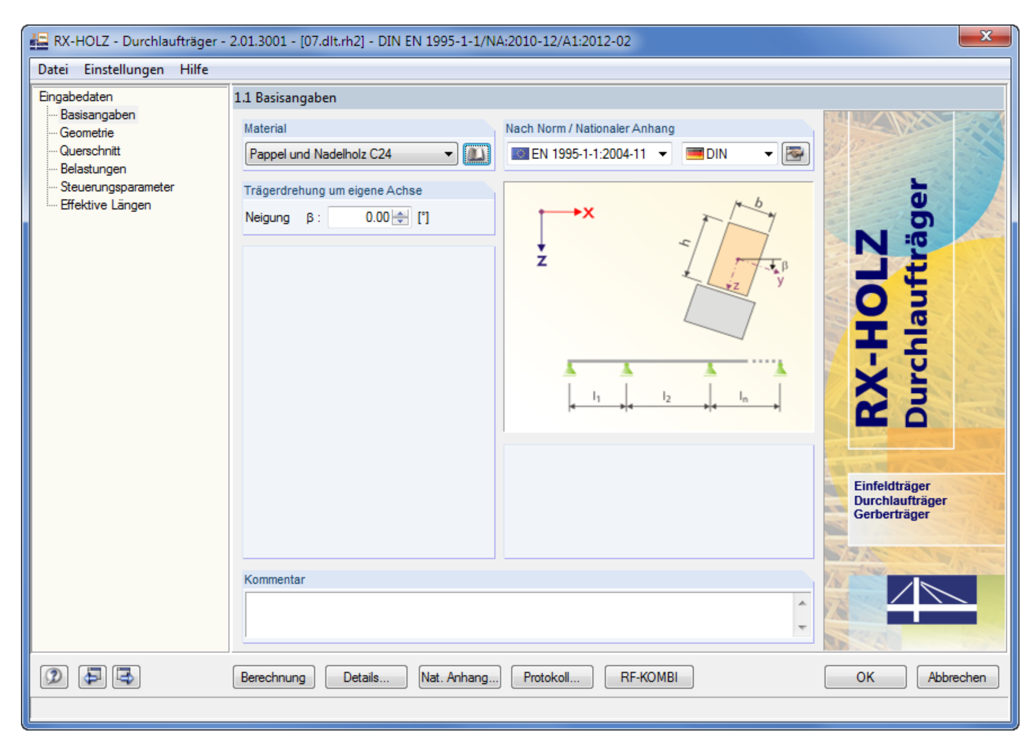


Bild 11.2: Maske 1.1 *Basisangaben*

Als *Material* wählen wir **Pappel und Nadelholz** der Festigkeitsklasse **C24**.

Die *Trägerdrehung* um die eigene Achse belassen wir bei β = **0°**.



11.2.2 Geometrie

In der zweiten Maske sind die Anzahl der Felder, die Feldlängen sowie die Lager- und Gelenkbedingungen des Trägers einzugeben. Optional können den Lagern und Gelenken benutzerspezifische Federkonstanten zugewiesen oder Kragträger definiert werden.

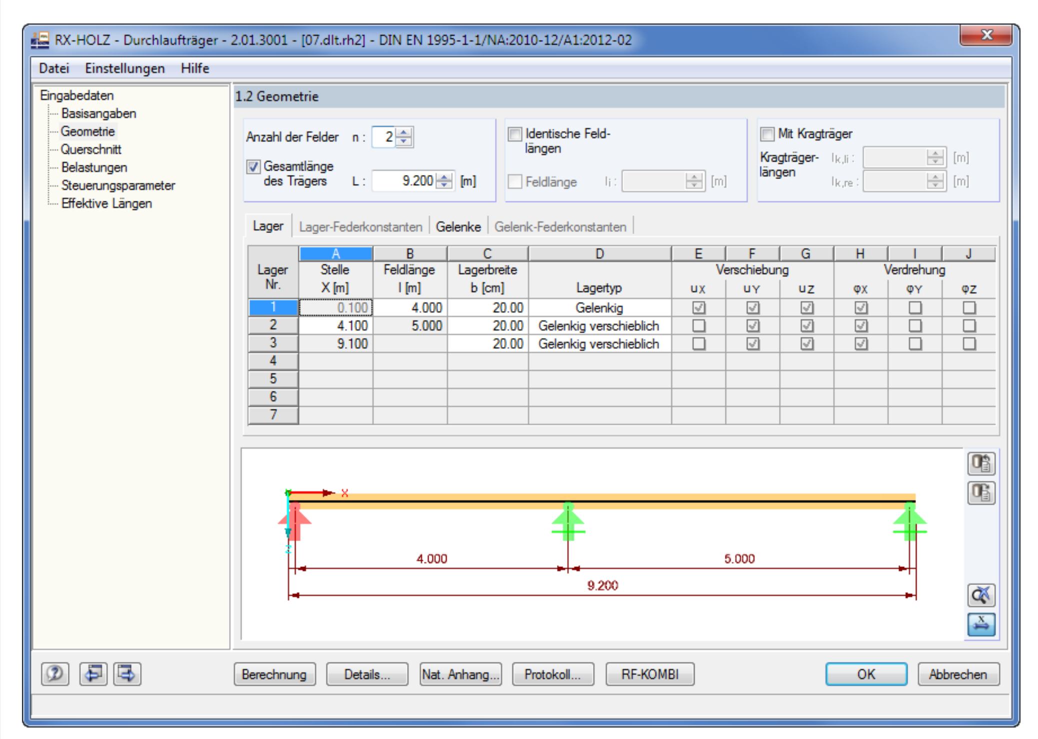


Bild 11.3: Maske 1.2 *Geometrie*

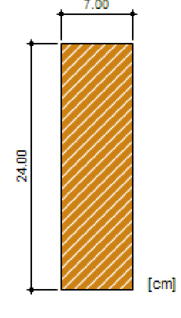
Für unser Beispiel wählen wir:

- *Anzahl der Felder n*: **2**
- *Gesamtlänge L*: **9,20 m**
- Zwei Felder mit *Feldlänge l*: **4,00 m** bzw. **5,00 m**
- *Lagerbreite b*: **20 cm**

Aus der Lagerbreite resultiert die erste *Stelle X* von **0,10 m**.

Als *Lagertyp* wählen wir ein *Gelenkiges* Lager Nr. 1 und zwei *Gelenkig verschiebliche* Lager in X-Richtung Nr. 2 und 3. Über die Option *Benutzerdefiniert* wäre es möglich, dem Lager jeden individuellen Freiheitsgrad sowie Weg- und Drehfedersteifigkeiten zuzuweisen.

11.2.3 Querschnitt





In der nächsten Maske sind die Querschnittsabmessungen sowie ggf. Vouten zu definieren, die an die Momentenverläufe angepasst sind. Im Abschnitt *Querschnittsänderungen* lässt sich der Träger mit Angabe der Länge sowie Höhe und Neigung der Änderung beschreiben.

Als *Querschnitt* wählen wir die *Abmessungen* **b = 7 cm** und **h = 24 cm**. Die *Nullpunkt-Lage* wählen wir für den **Trägeranfang**. Alle übrigen Werte belassen wir (siehe Bild 11.4).

Unterhalb werden Informationen zu Fläche, Volumen und Masse des Trägers angezeigt. Mit der [Info]-Schaltfläche können die Querschnittswerte des Trägers wie Widerstandsmoment etc. eingeblendet werden.

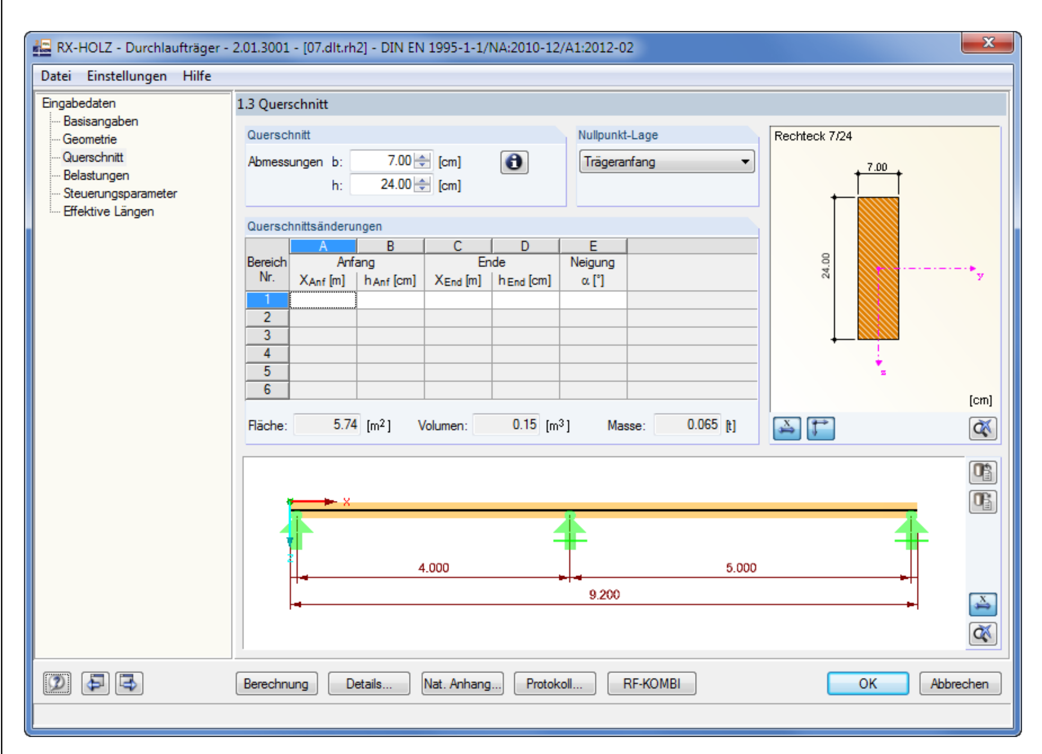


Bild 11.4: Maske 1.3 *Querschnitt*

11.2.4 Belastung

In dieser Maske sind die diversen Lastarten einzugeben. Es stehen Gleichlasten, Blocklasten, Trapezlasten, Einzellasten und Momente zur Verfügung. Diese Lasten können im Dialog *Lastfälle* (siehe Bild 11.6) getrennt nach x-, y- und z-Richtung eingegeben werden.

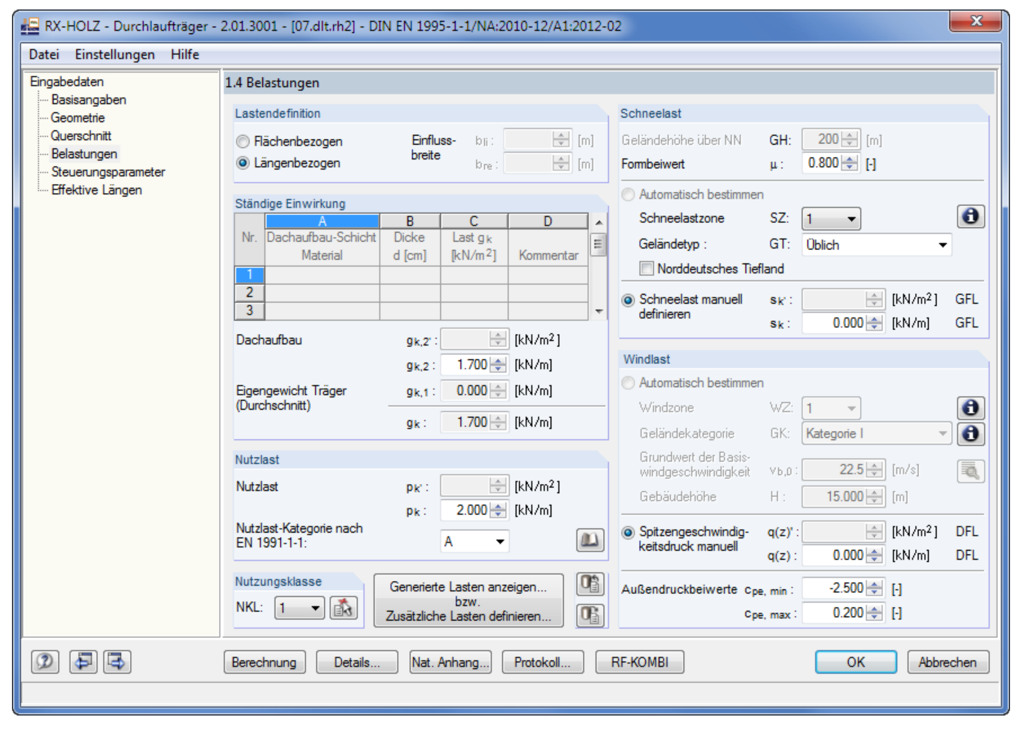


Bild 11.5: Maske 1.4 *Belastung*

Für das Beispiel wählen wir eine längenbezogene Belastung. Die Belastungen sind wie im Bild oben gezeigt einzugeben. Die Wind- und Schneelasten setzen wir manuell zu null.



Generierte Lasten anzeigen...
bzw.
Zusätzliche Lasten definieren...

Mit der Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen] wechseln wir in den Dialog *Lastfälle*, um die generierten Lasten zu betrachten.

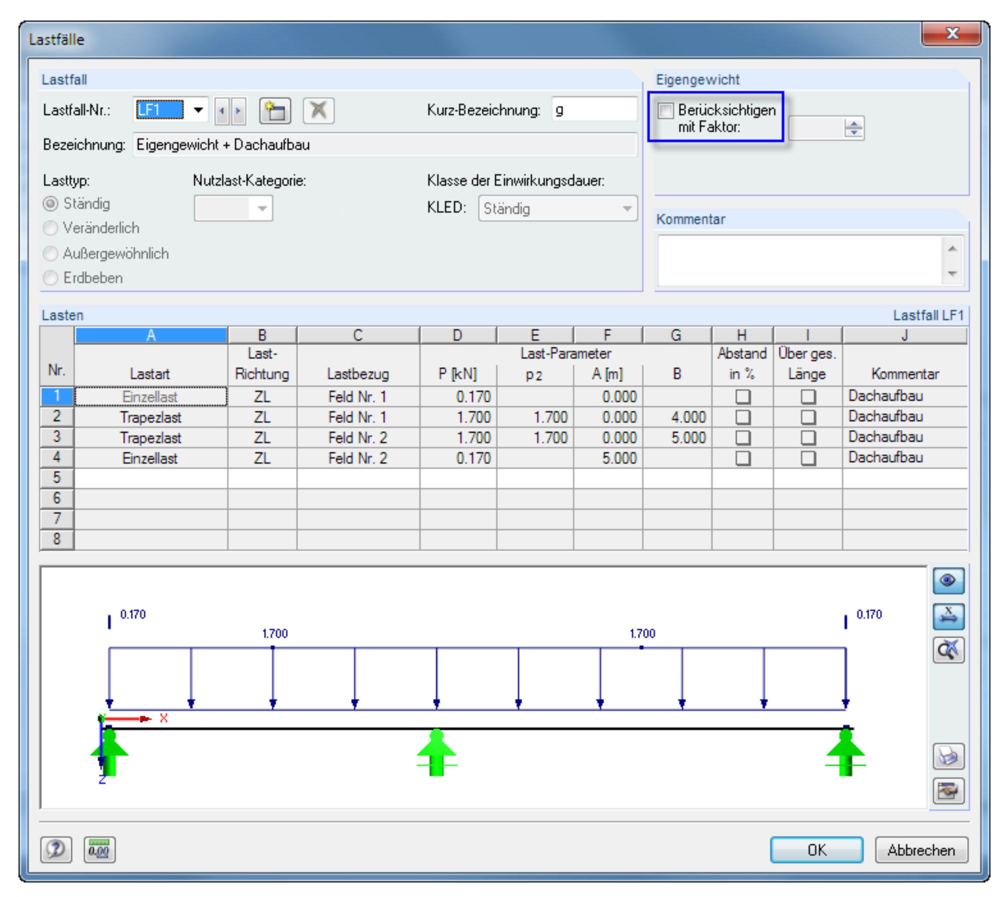


Bild 11.6: Dialog *Lastfälle*

Es wird eine Einzellast resultierend aus der Linienlast außerhalb der Auflagerachse generiert, die ein negatives Moment an dem kurzen Überhang des Trägers verhindert.

Wir deaktivieren das *Eigengewicht* für die Berechnung.

11.2.5 Steuerungsparameter

In Maske 1.5 *Steuerungsparameter* (siehe Bild 11.7) sind die Nachweise für die *Tragfähigkeit*, die *Gebrauchstauglichkeit* und den *Brandschutz* festzulegen. Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit kann eine eventuelle *Überhöhung* vorgegeben werden. Wir verzichten auf die Nachweise des Brandschutzes, indem wir die entsprechende Option deaktivieren.

Im Abschnitt *Zusätzlich ausgeben* haken wir alle Optionen an: *Lagerkräfte*, *Verformungen* und *Auflagerpressung*.

Es soll keine *Umlagerung der Momente* zu nicht ausgenutzten Querschnittsbereichen nach DIN EN 1990, Abs. 1.5.6.4 erfolgen.

Die *Anzahl der Stabteilungen* steuert die Stellen, an denen RX-HOLZ die Nachweise führt.

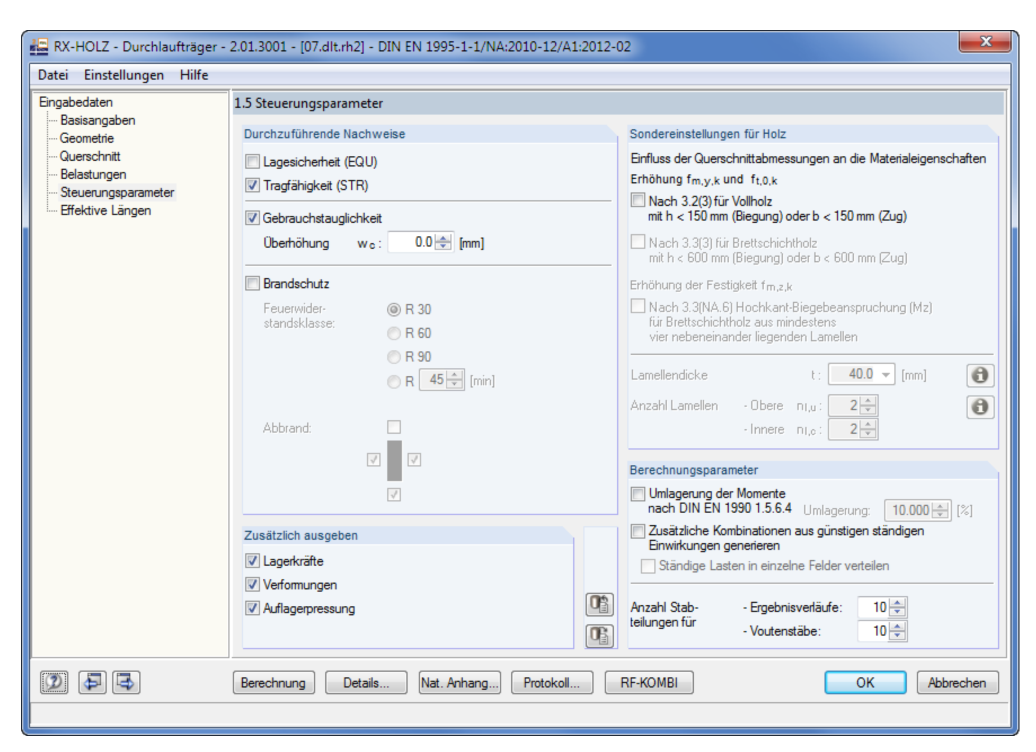


Bild 11.7: Maske 1.5 *Steuerungsparameter*

Nat. Anhang...

Mit der Schaltfläche [Nat. Anhang] rufen wir den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* auf. Dort können wir die Teilsicherheitsbeiwerte und die Grenzwerte der Verformungen überprüfen.

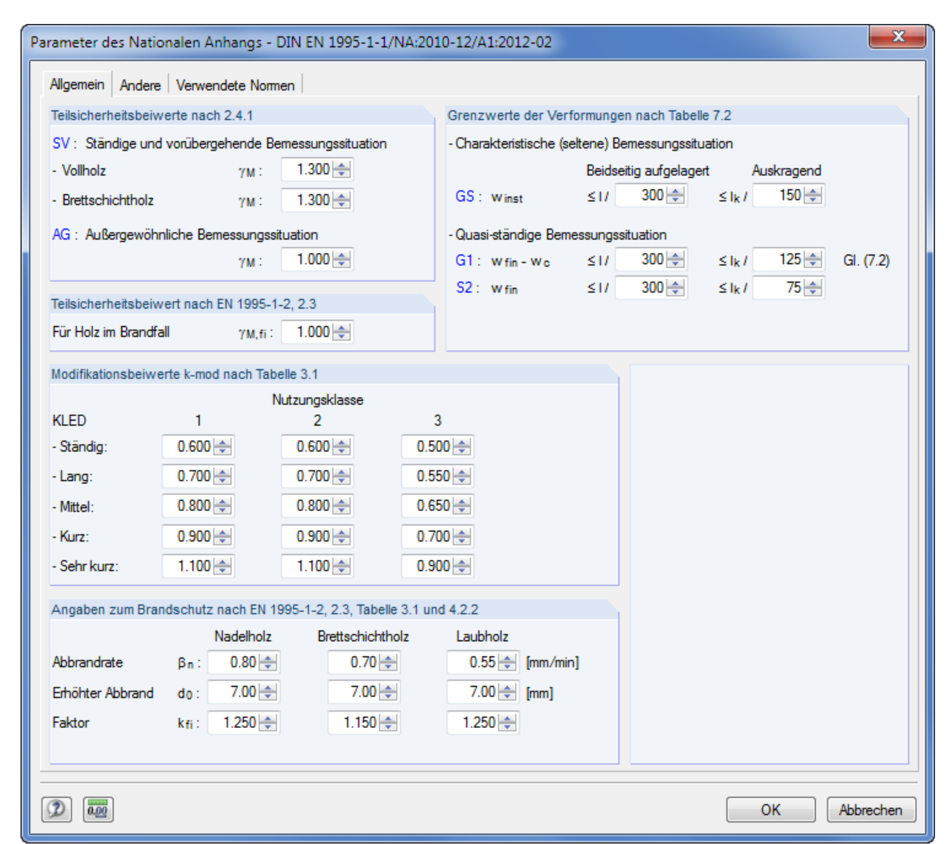


Bild 11.8: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs*

Die Verformung kann unabhängig für das Feld und den Kragarm festgelegt werden.



11.2.6 Effektive Längen

Für unser Beispiel nehmen wir den Faktor β auf der sicheren Seite liegend mit **1,0** an. Diese Werte werden vom Programm automatisch voreingestellt, sodass wir in dieser Maske keine weiteren Einstellungen vornehmen.

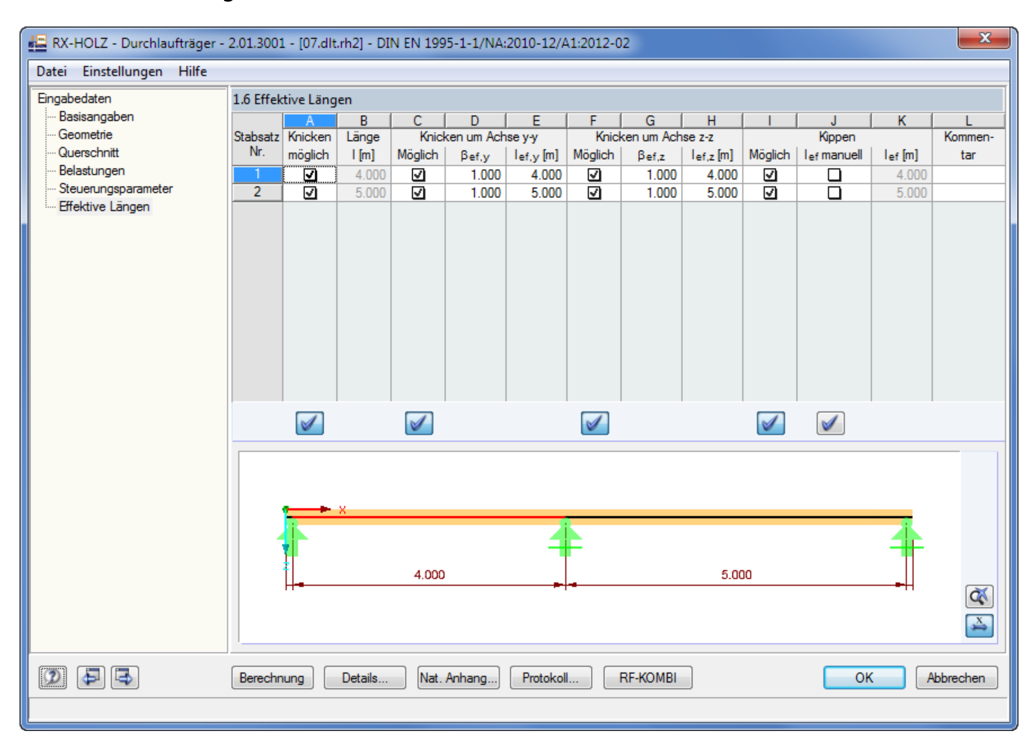


Bild 11.9: Maske 1.6 *Effektive Längen*

11.3 RF-KOMBI

RF-KOMBI

In RX-HOLZ ist das Modul RF-KOMBI zur Erzeugung von Kombinationen nach DIN EN 1990 und DIN EN 1995-1-1 integriert. Die Lastfälle werden dabei automatisch kombiniert, sodass dieses Modul in der Regel nicht extra aufgerufen werden muss. Wir wechseln jedoch über die Schaltfläche [RF-KOMBI] in dieses Modul, um die Kombinationen einzusehen, die im Hintergrund generiert werden.

Wir stellen den RF-KOMBI-Fall *FA2* ein und betrachten die Kombinatorik der *Gebrauchstauglichkeit*.

Der *Deformationsbeiwert* ist mit $\mathbf{k_{def} = 0{,}6}$ automatisch entsprechend der jeweiligen Nutzungsklasse definiert. Für unser Beispiel hatten wir die Nutzungsklasse 1 vorgegeben.

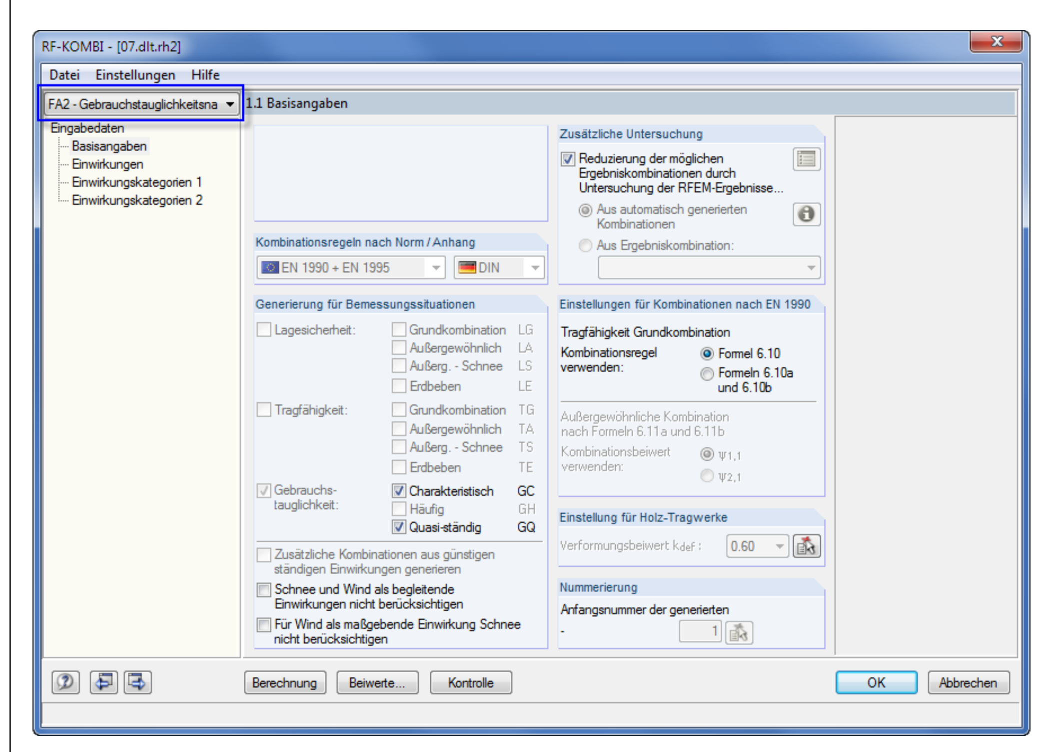


Bild 11.10: Modul *RF-KOMBI*, Fall 2 *Gebrauchstauglichkeitsnachweise*

In der nächsten Maske 1.2 *Einwirkungen* werden die Lasten den entsprechenden Einwirkungen zugewiesen und damit die KLED gebildet.

Für die Nutzlast wird bereits die Klasse der Lasteinwirkungsdauer nach Einwirkung *A* und damit die Lastdauer *mittel* berücksichtigt.

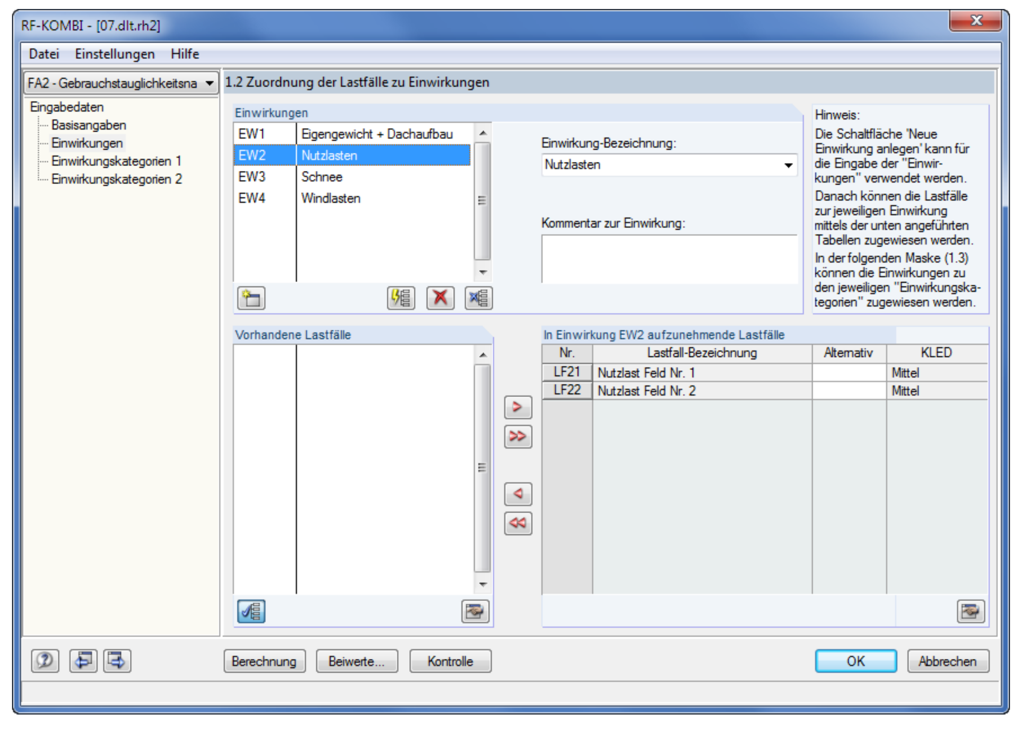


Bild 11.11: RF-KOMBI Maske 1.2: *Zuordnung der Lastfälle zu Einwirkungen*

Die Möglichkeiten von RF-KOMBI sind im Handbuch zu diesem Modul beschrieben, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt. Für unser einfaches Beispiel wurden die Einwirkungen und zugehörigen Klassen der Lasteinwirkungsdauer automatisch korrekt gebildet.



Beiwerte...

Die verwendeten [Beiwerte] können in einem Dialog überprüft werden.

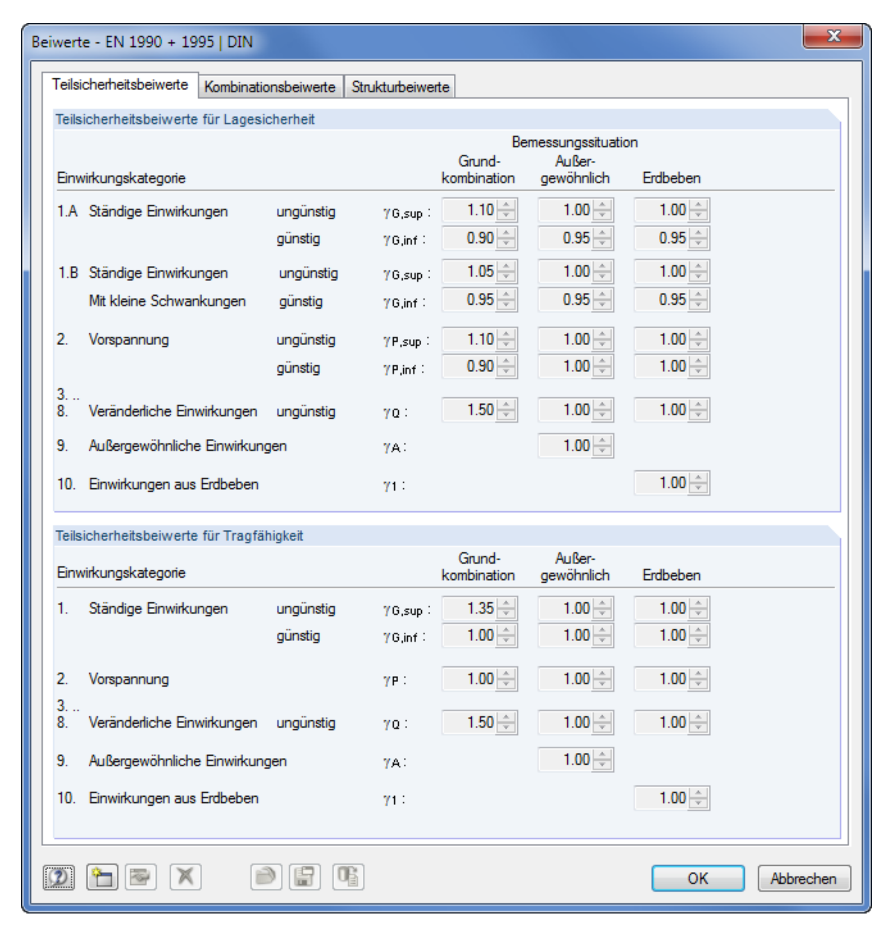


Bild 11.12: Dialog *Beiwerte*, Register *Teilsicherheitsbeiwerte*

Berechnung

Nach der [Berechnung] können wir die Ergebnisse der Kombinatorik mit unserer Handrechnung nachvollziehen (siehe Kapitel 11.1, Seite 107). Die Berechnung erfolgt korrekt (siehe Bild 11.13).

Die erhöhte Anzahl der Kombinationen in RF-KOMBI resultiert aus der zusätzlich erforderlichen Kombination der feldweisen Lasten auf dem Durchlaufträger.



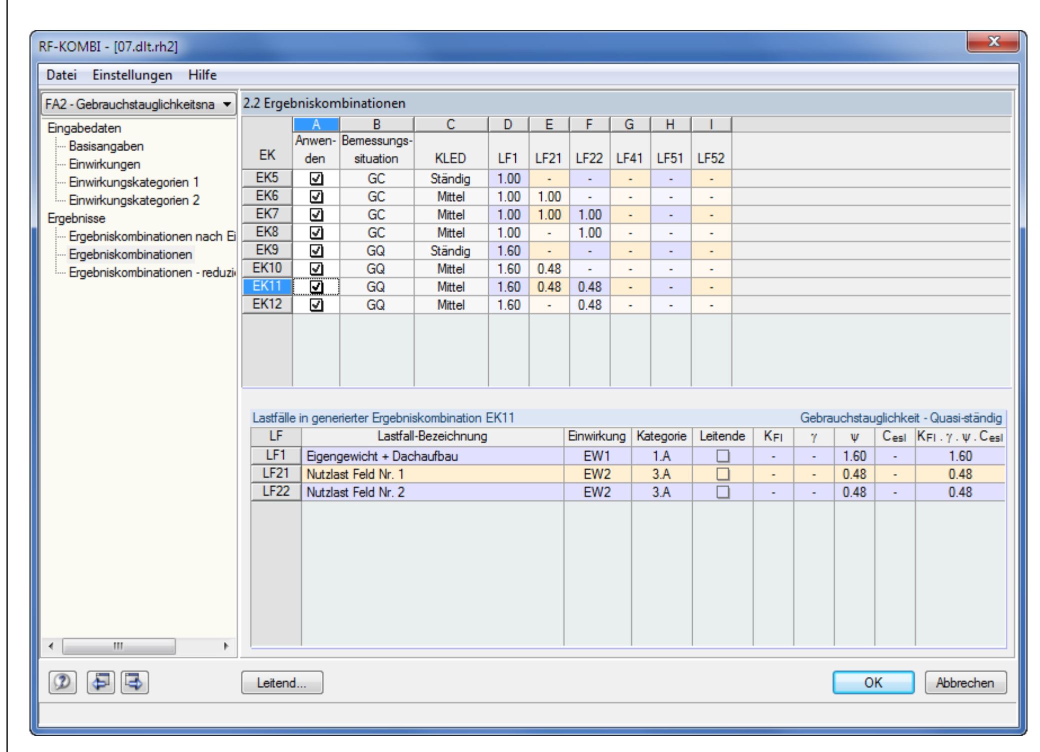


Bild 11.13: RF-KOMBI-Maske 2.2: *Ergebniskombinationen*

Es besteht die Möglichkeit, bestimmte Kombinationen für die Berechnung im Programm *DLT* auszuwählen. Für unser Beispiel sollen alle Kombinationen der Maske 2.2 berücksichtigt werden.

Mit [OK] erfolgt die Rückkehr in das Programm *DLT*.



11.4 Ergebnisse

11.4.1 Ergebniskombinationen

Berechnung

Nach der [Berechnung] werden in Maske 2.1 die Nachweise sämtlicher Kombinationen für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit mit der zugehörigen Ausnutzung ausgegeben.

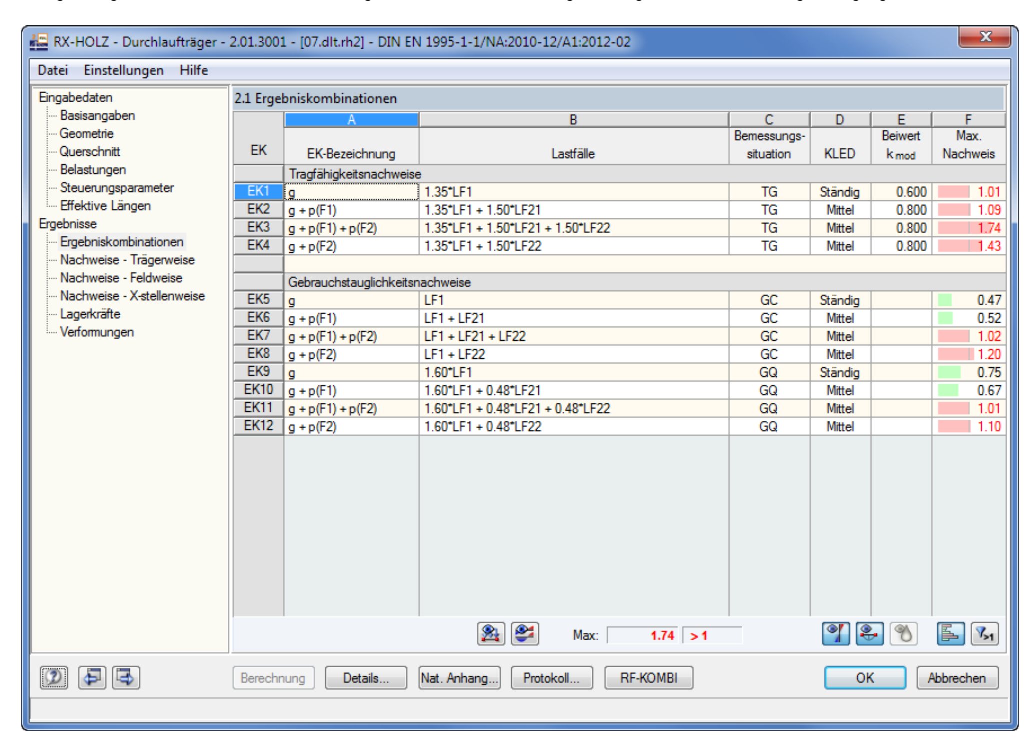


Bild 11.14: Maske 2.1 *Ergebniskombinationen*

Der Beiwert k_{mod} zur Berücksichtigung des zeitabhängigen Setzungsverhaltens infolge der Lasteinwirkungsdauer und der klimatischen Besonderheiten des Werkstoffes Holz wird automatisch auf den erforderlichen Wert entsprechend der KLED und der NKL angewandt.



In jeder Ergebnismaske von RX-HOLZ ist es möglich, mit einem Klick auf die Schaltfläche [Überschreitung] nur die überlasteten Nachweise zu betrachteten sowie über die Schaltfläche [Relationsskala] die farbige Darstellung der Auslastung an- oder auszuschalten.



Über die Schaltfläche [Lasten der Lastfälle] können die Lasten und die Klassen der Lasteinwirkungen betrachtet werden, die für die aktuelle Ergebniskombination angesetzt wurden (d. h. die EK, in dessen Zeile sich der Cursor befindet).



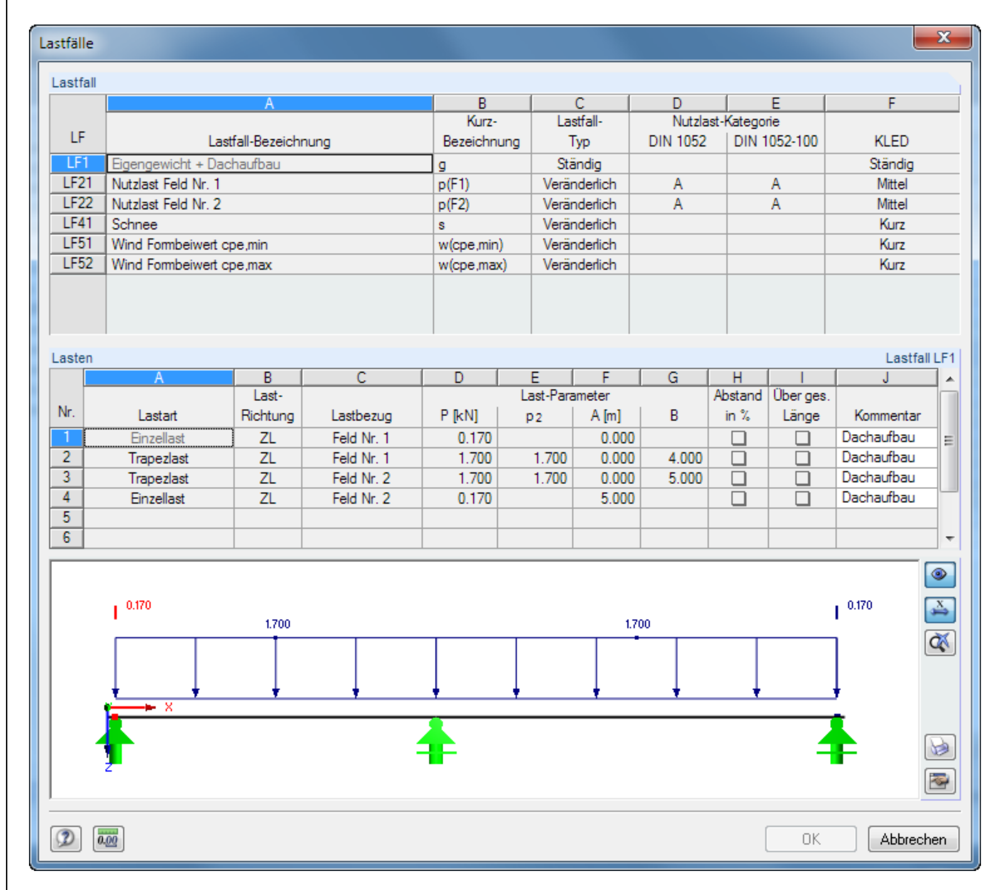


Bild 11.15: Dialog *Lastfälle*

11.4.2 Nachweise - Trägerweise

In dieser Maske werden alle maßgebenden Nachweise für den gesamten Träger angezeigt.

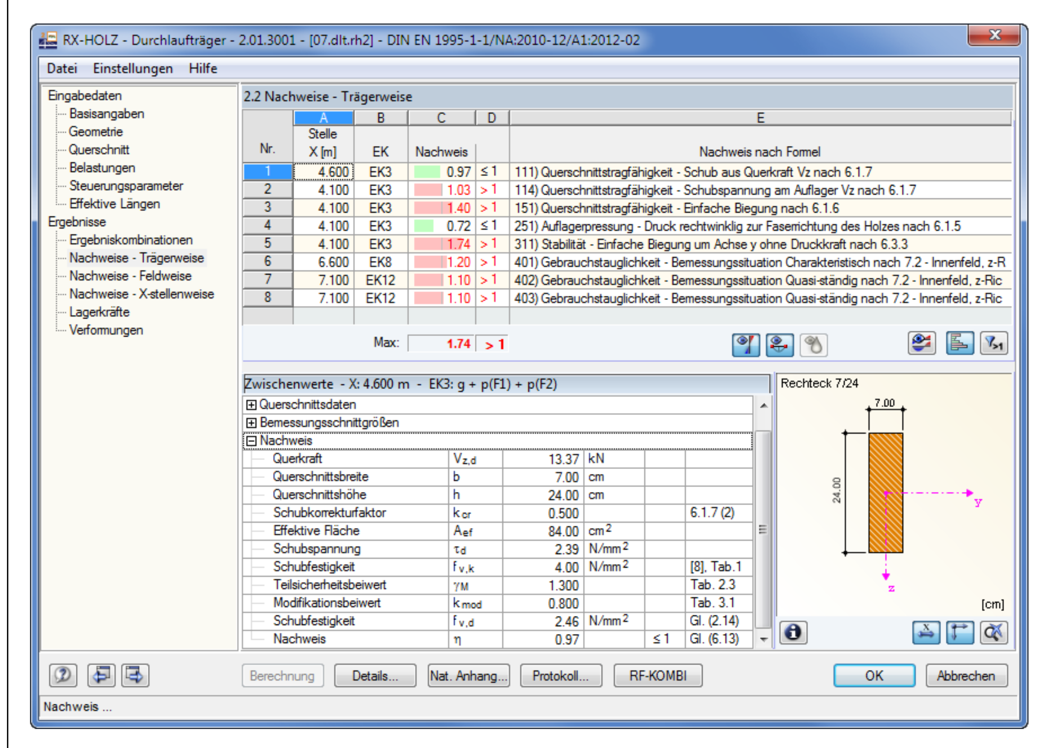


Bild 11.16: Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise*



Alle Beiwerte und erforderlichen Bemessungsschnittgrößen können interaktiv eingesehen werden: Mit einem Klick auf den entsprechenden Nachweis in der oberen Tabelle können sämtliche *Zwischenwerte* des Nachweises im Abschnitt unterhalb betrachtet werden.



Über die Schaltfläche [Ergebnisverläufe] kann der Verlauf der Schnittgrößen und Auslastungen grafisch überprüft werden. Diese Schaltfläche befindet sich oberhalb der Querschnittsgrafik. Es erscheint ein neues Fenster, in dem die Schnittgrößen und Durchbiegungen des Trägers für jede Ergebniskombination gezielt ausgewählt werden können. Die Ergebniskombination lässt sich in der Liste oben festlegen.

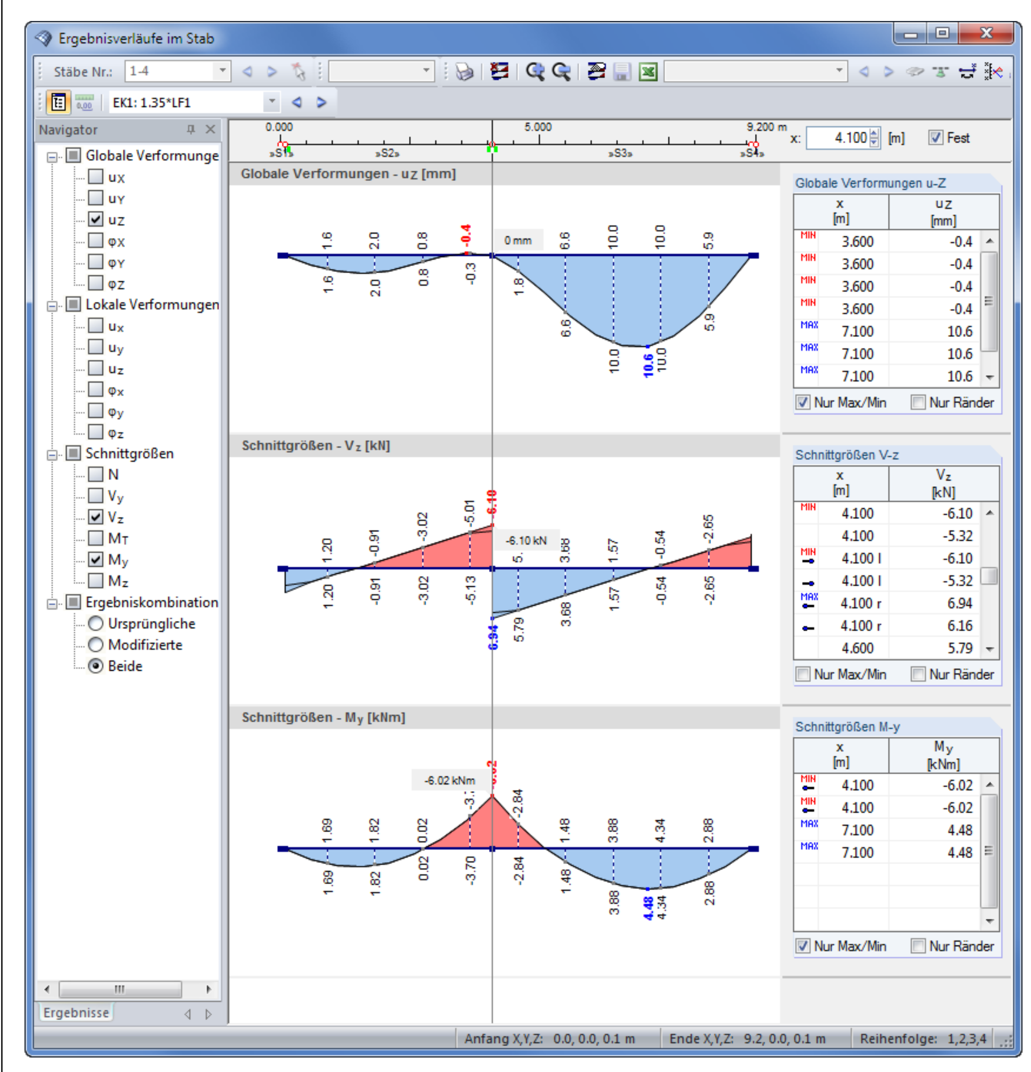


Bild 11.17: Dialog *Ergebnisverläufe im Stab*

Im Navigatoreintrag *Ergebniskombinationen* kann mit der Option **Beide** die Reduzierung der Kräfte gemäß den Einstellungen im Dialog *Details* betrachtet werden. Dies ist eine hilfreiche Funktion, um z. B. die Auswirkung der Querkraftreduzierung abzuschätzen.



Die Schaltfläche [Drucken] übergibt diese Grafik direkt in das Ausdruckprotokoll.



11.4.3 Tragsicherheit



In Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise* lassen sich auch nur die Nachweise zur Tragsicherheit anzeigen, wenn über die Schaltfläche [Gebrauchstauglichkeit] die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit ausgeblendet werden.

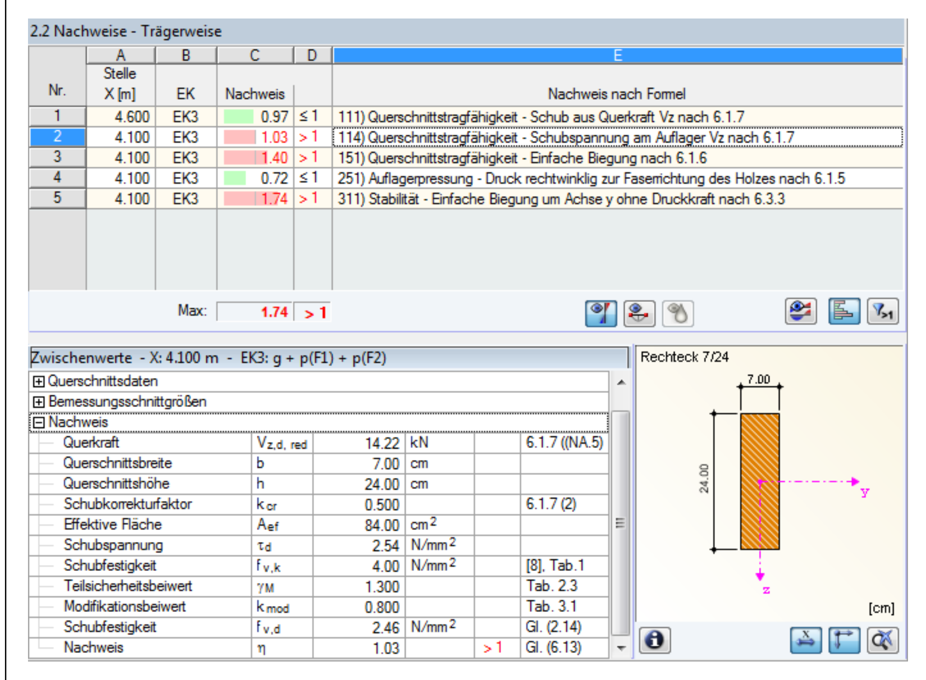


Bild 11.18: Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise* nur für Tragsicherheit

Die Ergebnisse von RX-HOLZ werden durch eine Handrechnung überprüft.

Schubkraftbeanspruchung am Auflager nach 6.1.7

Die maximale Querkraftbeanspruchung liegt über dem mittleren Auflager mit 16,02 kN vor. Mit der Reduzierung nach 6.1.7(NA.5) kann die Beanspruchung auf 14,2 kN und damit auf die Querkraft reduziert werden, die 24 cm (= h) vom Auflager entfernt auftritt.

Schubspannung $$\tau_d = 1{,}5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot k_{cr} \cdot h} = 1{,}5 \cdot \frac{14{,}2\ \text{kN}}{3{,}5\ \text{cm} \cdot 24\ \text{cm}} = 0{,}254\ \text{kN/cm}^2 = 2{,}54\ \text{N/mm}^2$$

Schubfestigkeit $$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_m} = \frac{0{,}8 \cdot 4\ \text{N/mm}^2}{1{,}3} = 2{,}46\ \text{N/mm}^2$$

Nachweis $$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{2{,}54}{2{,}46} = 1{,}03 > 1$$

Der Nachweis ist trotz Reduzierung der Querkraft nicht erfüllt. Mit Brettschichtholz könnte der Nachweis eingehalten werden.

Biegebeanspruchung nach 6.1.6

Die maximale Beanspruchung liegt über der Auflagermitte infolge des Stützmoments vor.

Biegespannung $$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{d,max}}{W} = \frac{13{,}9\ \text{kNm} \cdot 10^{-3}}{672\ \text{cm}^3 \cdot 10^{-6}} = 20{,}68\ \text{N/mm}^2$$

Biegefestigkeit $$f_{m,d} = \frac{0{,}8 \cdot 24\ \text{N/mm}^2}{1{,}3} = 14{,}77\ \text{N/mm}^2$$

Nachweis $$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{20{,}68}{14{,}77} = 1{,}40 > 1$$



Auch mit einer hier nicht angesetzten Momentenausrundung von 10 % läge die Auslastung bei einem Bemessungsmoment von 12,5 kNm noch bei 126 %. Damit bleiben lediglich die Möglichkeiten, eine höhere Festigkeitsklasse von z. B. C 35 oder einen größeren Querschnitt zu wählen.

Auflagerpressung nach 6.1.5

Wie erwartet stellt sich die maximale Auflagerpressung am mittleren Auflager mit einer Belastung von 30 kN ein. Die Aufstandsfläche wird von RX-HOLZ automatisch um die zulässigen 3 cm in Faserrichtung des Holzes verlängert. Bei dem gewählten 20 cm breiten Auflager erhalten wir damit eine effektive Fläche von 182 cm².

Die maximale Beanspruchung ergibt sich auch bei diesem Nachweis über der Auflagermitte infolge des Stützmoments.

Querdruckspannung $$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} = \frac{30\text{ kN}}{182\text{ cm}^2} = 0{,}165\text{ kN/cm}^2 \approx 1{,}65\text{ N/mm}^2$$

Querdruckfestigkeit $$f_{c,90,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c,90,d}}{\gamma_m} = \frac{0{,}8 \cdot 2{,}5\text{ N/mm}^2}{1{,}3} = 1{,}54\text{ N/mm}^2$$

Nachweis $$\frac{\sigma_{c,90,d}}{k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}} = \frac{1{,}65}{1{,}5 \cdot 1{,}54} = 0{,}71 < 1$$

Biegestäbe ohne Druckkraft nach 6.3.3 (Kippnachweis)

Zusätzlich muss für diesen Träger der Nachweis der Stabilität geführt werden. Die nachzuweisende Momentenbeanspruchung ist identisch mit der Beanspruchung des Trägers im Nachweis der Biegung im Tragfähigkeitsnachweis.

Biegespannung und Biegefestigkeit sind somit identisch mit der Bemessung nach 10.2.6 und werden hier nicht noch einmal aufgeführt.

Trägheitsradius $$i_z = 0{,}289 \cdot b = 0{,}289 \cdot 7\text{ cm} = 2{,}02\text{ cm}$$

Schlankheitsgrad $$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_{ef}}{\pi \cdot i_z}} \cdot \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sqrt{E_{0,05} \cdot G_{05}}}} =$$

$$= \sqrt{\frac{5{,}00\text{ m}}{\pi \cdot 2{,}02\text{ cm}}} \cdot \sqrt{\frac{24\text{ N/mm}^2}{\sqrt{7333\text{ N/mm}^2 \cdot 460\text{ N/mm}}}} = 1{,}01$$

Kippbeiwert $$k_{crit} = 1{,}56 - 0{,}75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1{,}56 - 0{,}75 \cdot 1{,}01 = 0{,}803$$

Nachweis $$\frac{\sigma_{m,d}}{k_m \cdot f_{m,d}} = \frac{20{,}68}{0{,}803 \cdot 14{,}77} = 1{,}74 > 1$$

Die bei diesem schlanken und hohen Träger zu erwartende Überlastung ließe sich durch eine Verkürzung der Knicklänge reduzieren. In RX-HOLZ könnte man eine durchgehende seitliche Halterung, die in der Realität z. B. durch eine aufgeschraubte OSB-Beplankung erreicht wird, mit dem Entfernen der Kippmöglichkeit in Maske 1.6 *Effektive Längen* modellieren.



11.4.4 Gebrauchstauglichkeit



In Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise* blenden wir über die Schaltfläche [Tragsicherheit] die GZT-Nachweise aus, sodass nur die Nachweise der Gebrauchstauglichkeit angezeigt werden.

Um die Überlastungen aus der Tragsicherheit zu beseitigen, ändern wir für dieses Beispiel die Festigkeitsklasse von C24 auf C35. Ferner rechnen wir den Träger als mittig gehalten, indem wir in Maske 1.6 *Effektive Längen* die Kipplängen l_{ef} manuell mit **2,0 m** bzw. **2,5 m** festlegen.

Nach der [Berechnung] mit diesen Vorgaben sehen die Ergebnisse wesentlich besser aus.

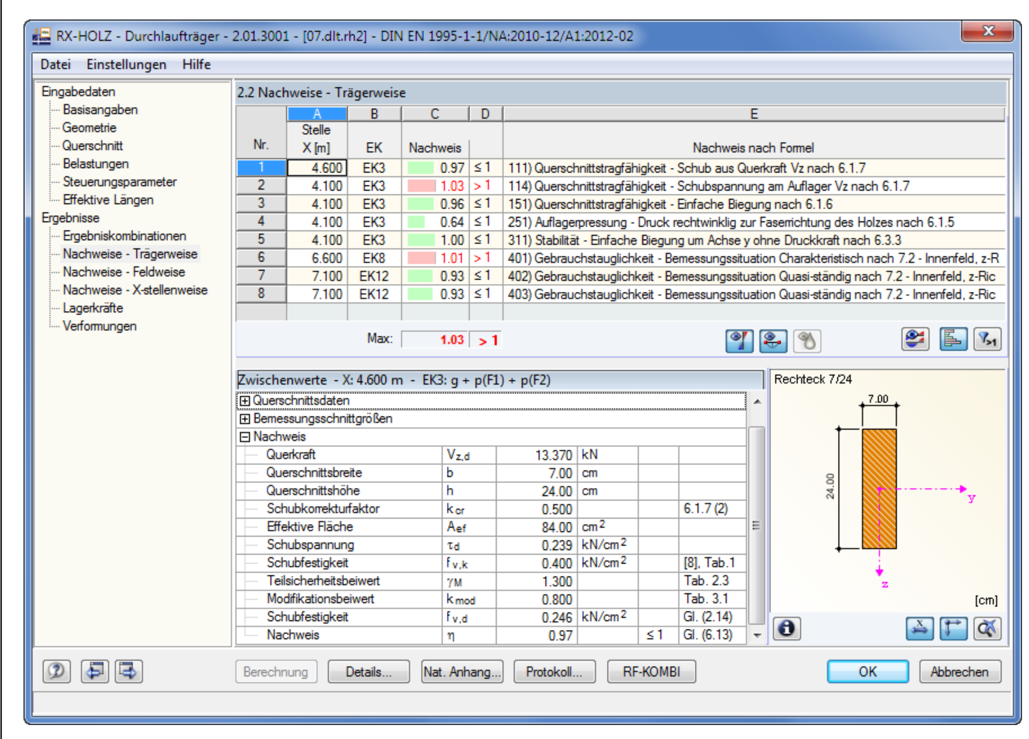


Bild 11.19: Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise*

Die Durchbiegungsberechnung führen wir exemplarisch für die quasi-ständige Bemessungssituation durch. Maßgebend wird die Belastung durch eine Nutzlast nur im rechten Feld.

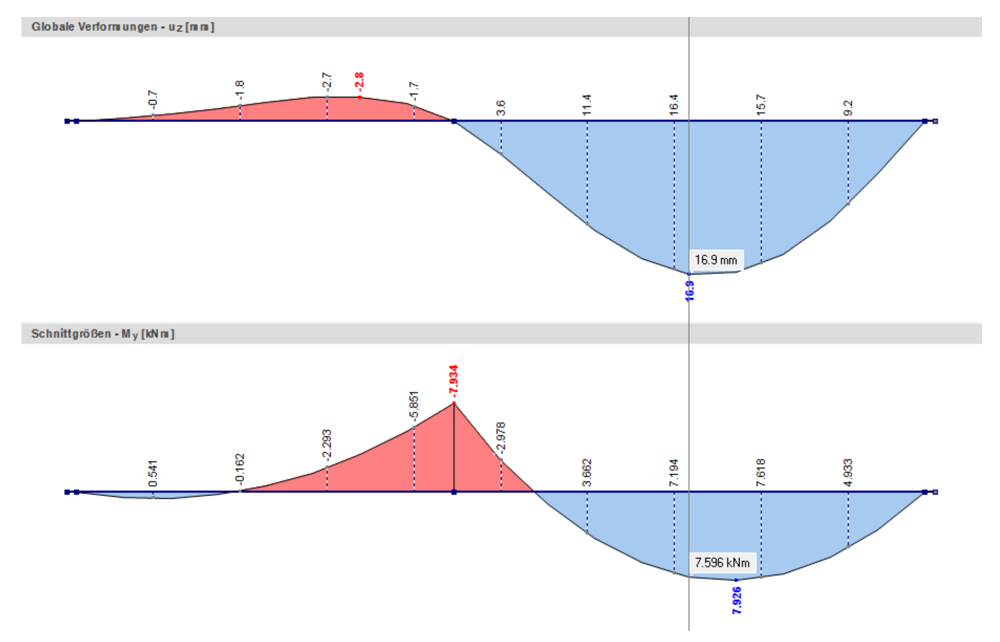


Bild 11.20: Ergebnisverläufe in RX-HOLZ für EK8



Belastung nach GC im rechten Feld: 3,7 kN/m

Belastung nach GC im linken Feld: 1,7 kN/m

Feldmoment: 7,93 kNm

Stützmoment: -7,93 kNm

Durchbiegung

$$f = \frac{104 \cdot \left(7{,}93\ \text{kNm} + \frac{7{,}93\ \text{kNm}}{2}\right) \cdot 5{,}00^2\ \text{m}}{8064\ \text{cm}^4} + \frac{62{,}5 \cdot (-7{,}93\ \text{kNm}) \cdot 5{,}00^2\ \text{m}}{8064\ \text{cm}^4} = 2{,}299\ \text{cm}$$

Um die Durchbiegungsbemessung an den veränderten E-Modul anzupassen, teilen wir unser Ergebnis durch 1,3 ($E = 1300\ \text{kN/cm}^2$) und erhalten damit eine Durchbiegung von 1,77 cm.

Für diesen Nachweis nach Gleichung (42) gibt RX-HOLZ eine Durchbiegung von **16,9 mm** aus.

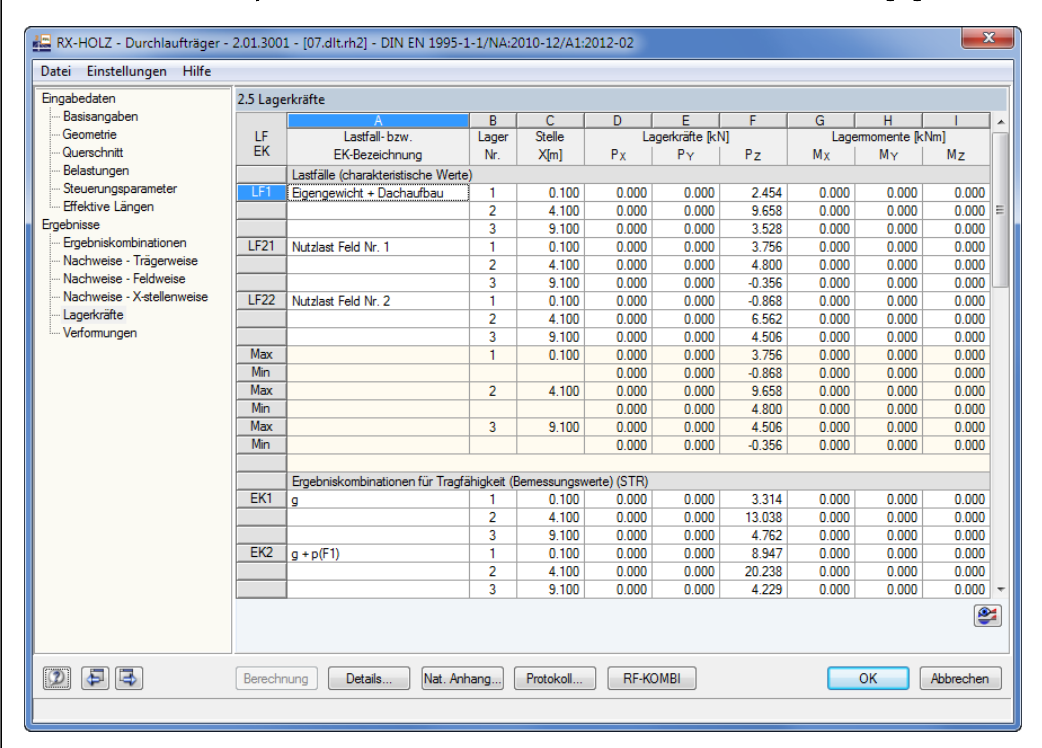
Die Durchbiegung von 16,9 mm liegt somit knapp über dem Grenzwert von

l/300 = 5000 mm/300 = 16,7 mm.

11.4.5 Lagerkräfte

In dieser Maske werden die Auflagerkräfte aller Lastfälle und Ergebniskombinationen ausgegeben. Die Lagerkräfte sind getrennt nach Nachweissituationen (Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und ggf. Brandschutz) aufgeführt.

Zusätzlich werden für jede Nachweissituation die Maximal- und Minimalwerte ausgegeben.



LF EK	A Lastfall- bzw. EK-Bezeichnung	B Lager Nr.	C Stelle X[m]	D Lagerkräfte [kN] Px	E Py	F Pz	G Lagermomente [kNm] Mx	H My	I Mz
	Lastfälle (charakteristische Werte)								
LF1	Eigengewicht + Dachaufbau	1	0.100	0.000	0.000	2.454	0.000	0.000	0.000
		2	4.100	0.000	0.000	9.658	0.000	0.000	0.000
		3	9.100	0.000	0.000	3.528	0.000	0.000	0.000
LF21	Nutzlast Feld Nr. 1	1	0.100	0.000	0.000	3.756	0.000	0.000	0.000
		2	4.100	0.000	0.000	4.800	0.000	0.000	0.000
		3	9.100	0.000	0.000	-0.356	0.000	0.000	0.000
LF22	Nutzlast Feld Nr. 2	1	0.100	0.000	0.000	-0.868	0.000	0.000	0.000
		2	4.100	0.000	0.000	6.562	0.000	0.000	0.000
		3	9.100	0.000	0.000	4.506	0.000	0.000	0.000
Max		1	0.100	0.000	0.000	3.756	0.000	0.000	0.000
Min				0.000	0.000	-0.868	0.000	0.000	0.000
Max		2	4.100	0.000	0.000	9.658	0.000	0.000	0.000
Min				0.000	0.000	4.800	0.000	0.000	0.000
Max		3	9.100	0.000	0.000	4.506	0.000	0.000	0.000
Min				0.000	0.000	-0.356	0.000	0.000	0.000
	Ergebniskombinationen für Tragfähigkeit (Bemessungswerte) (STR)								
EK1	g	1	0.100	0.000	0.000	3.314	0.000	0.000	0.000
		2	4.100	0.000	0.000	13.038	0.000	0.000	0.000
		3	9.100	0.000	0.000	4.762	0.000	0.000	0.000
EK2	g + p(F1)	1	0.100	0.000	0.000	8.947	0.000	0.000	0.000
		2	4.100	0.000	0.000	20.238	0.000	0.000	0.000
		3	9.100	0.000	0.000	4.229	0.000	0.000	0.000

Bild 11.21: Maske 2.5 *Lagerkräfte*

11.5 Dokumentation

Protokoll...

Die Dokumentation im Ausdruckprotokoll enthält alle geführten Nachweise und Belastungen. Die Elemente des Protokolls lassen sich einzeln selektieren und den individuellen Bedürfnissen anpassen. Im Kapitel 8 ist das Ausdruckprotokoll ausführlich erläutert.



12. Stütze

Module
RX-HOLZ
BSH
DLT
Stütze
Rahmen
Pfette
Verband

Es werden die Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit gemäß EN 1995-1-1 für eine eingespannte Rundholzstütze geführt, die auf Druck und Biegung beansprucht ist.

Die Modelldaten sind im Modell *02.clm* des Projekts *Beispiele RX-HOLZ* abgelegt. Sie ist unter den Beispieldateien des Programms **Stütze** zu finden.

12.1 System und Belastung

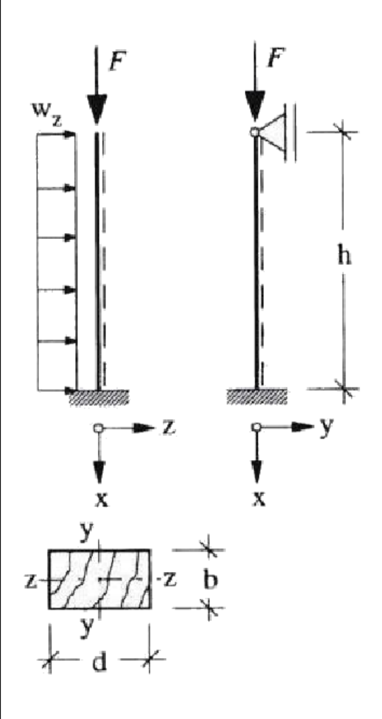


Bild 12.1: System und Belastung

Modell

Querschnitt:	d = 21 cm
Material:	NH C24
Höhe:	h = 3,20 m
NKL:	1
KLED:	ständig

Belastung

Lastfall 1: Eigengewicht	F = 45 kN
Lastfall 2: Wind	w = 1,5 kN/m

Bemessungswerte Tragfähigkeit

$N = 1{,}35 \cdot F = 1{,}35 \cdot 45\ KN = 60{,}75\ kN$ $\quad (k_{mod} = 0{,}6)$

$q = 1{,}5 \cdot w = 1{,}5 \cdot 1{,}5\ KN/m = 2{,}25\ kN/m$ $\quad (k_{mod} = 0{,}9)$



12.2 Eingabedaten

12.2.1 Basisangaben

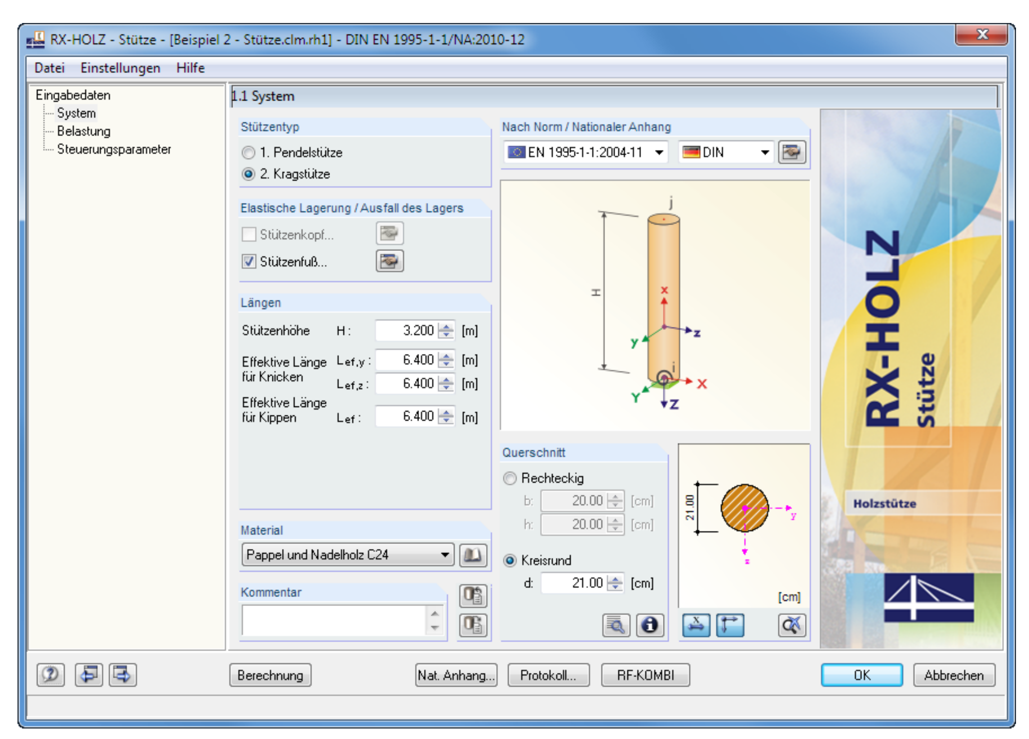


Bild 12.2: Maske 1.1 *System*

In Maske 1.1 *System* sind die geometrischen Parameter der Stütze festzulegen.

Es liegt der *Stützentyp* **Kragstütze** vor. Sie soll nach der *Norm* **EN 1995-1-1:2004-11** und dem *Nationalen Anhang* gemäß **DIN** bemessen werden.



Die *Lagerung* ist nur am **Stützenfuß** gegeben. Über die Schaltfläche [Bearbeiten] ist zu überprüfen, ob alle Freiheitsgrade eingeschränkt sind.

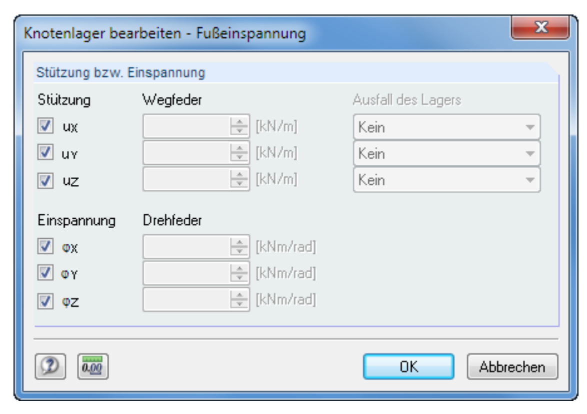


Bild 12.3: Dialog *Knotenlager bearbeiten - Fußeinspannung*

Wir legen die *Stützenhöhe* mit **3,20 m** fest. Bei diesem Kragmodell sind die *Effektiven Längen* jeweils auf den doppelten Wert von **6,40 m** zu setzen.



Als *Material* wählen wir **Pappel und Nadelholz** der Festigkeitsklasse **C24** – entweder über die Liste oder die Schaltfläche [Bibliothek] in der Materialdatenbank.

Der *Querschnitt* ist **Kreisrund** mit einem Durchmesser von **21 cm**.



12.2.2 Belastung

Der Lastfall Nr. 1 für das Eigengewicht wird automatisch angelegt. Das Eigengewicht ist als *Ständige Einwirkung* in Form einer Knotenkraft von **45 kN** am Stützenkopf einzugeben.

Die *Windlast* wirkt global in X-Richtung als Streckenlast $w_{k,x}$ mit **1,50 kN/m**.

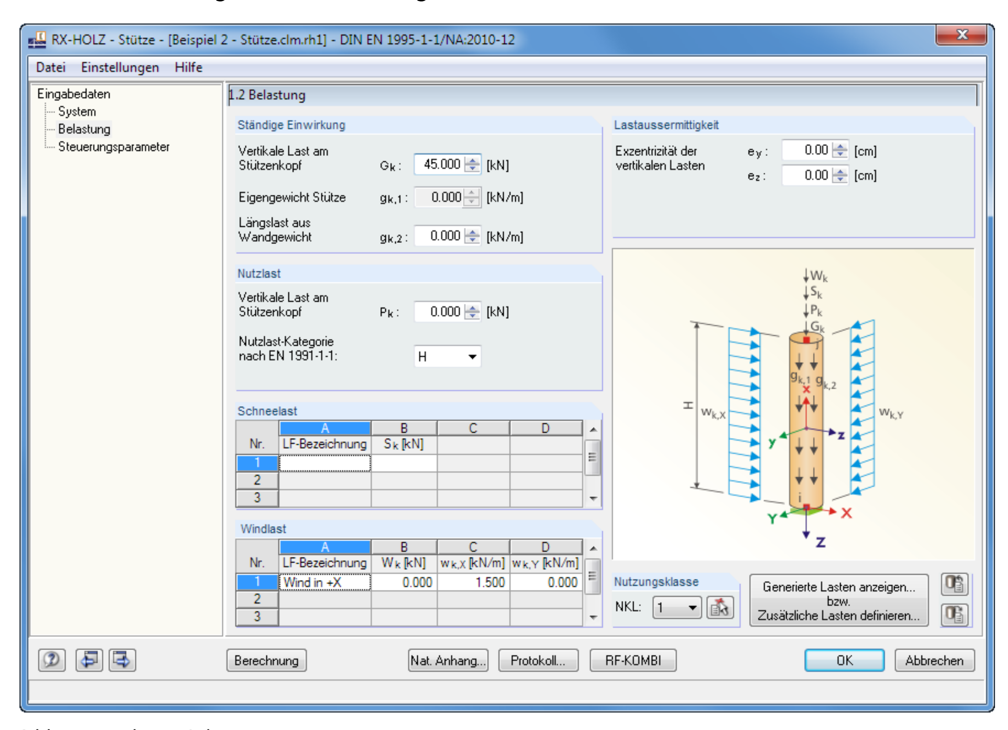


Bild 12.4: Maske 1.2 *Belastung*

Generierte Lasten anzeigen...
bzw.
Zusätzliche Lasten definieren...

Die Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen] ruft die grafische Darstellung der Lastfälle auf.

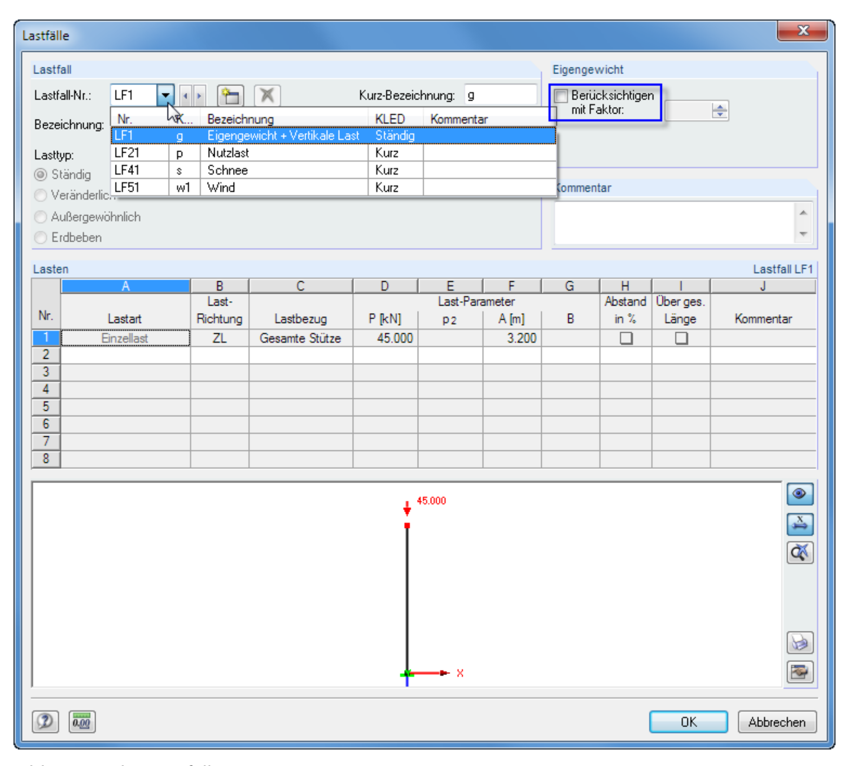


Bild 12.5: Dialog *Lastfälle*

Für den LF1 **deaktivieren** wir die automatische Berücksichtigung des *Eigengewichts*.



12.2.3 RF-KOMBI

Die Lastfälle LF21 *Nutzlast* und LF41 *Schnee* werden automatisch generiert (siehe Bild 12.5). Sie enthalten jedoch keine Lasten, da in Maske 1.2 weder eine Nutzlast noch eine Schneelast definiert wurde.

RF-KOMBI

Über das Modul [RF-KOMBI] können diese Lastfälle von der Generierung der Kombinationen ausgeschlossen werden.

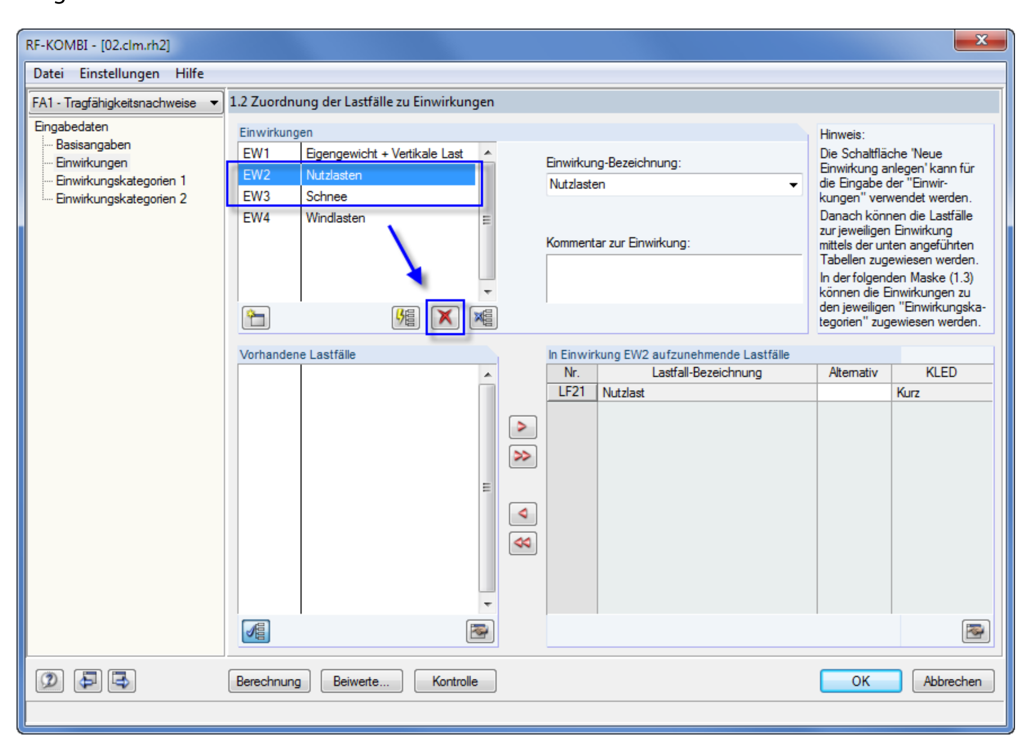


Bild 12.6: RF-KOMBI-Maske 1.2 *Einwirkungen*



Die beiden Einwirkungen **EW2** und **EW3** sind im Abschnitt *Einwirkungen* zu selektieren und zu [Löschen].

Anschließend ist der Generierungsfall *FA2 - Gebrauchstauglichkeitsnachweise* in der Liste (oberhalb des Navigators) einzustellen und der Löschvorgang nochmals durchzuführen.

[OK] übergibt die Änderungen in das Programm *Stütze*.



12.2.4 Steuerungsparameter

Es sind die **Tragfähigkeit** und die **Gebrauchstauglichkeit** nachzuweisen.

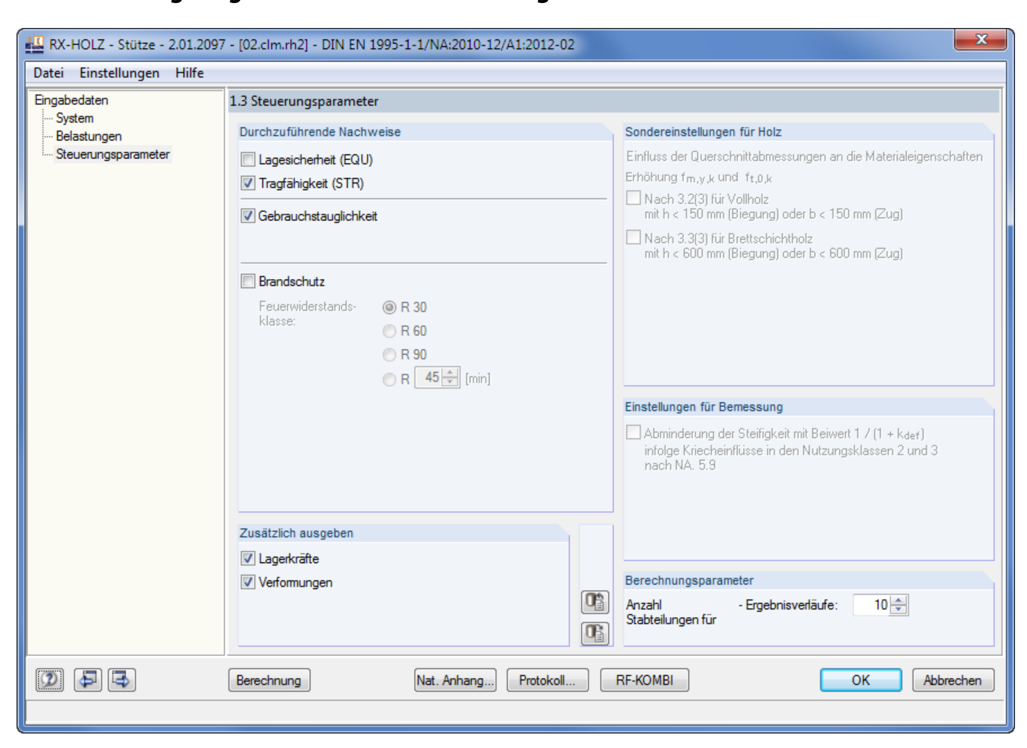


Bild 12.7: Maske 1.3 *Steuerungsparameter*



Die Schaltfläche [Nationaler Anhang] bietet Zugang zu wichtigen Bemessungsparametern wie z. B. Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerten oder Grenzwerten der Verformungen (siehe Bild 6.3, Seite 56).

Die Voreinstellungen des Dialogs *Parameter des Nationalen Anhangs* können für das Beispiel belassen werden.



12.3 Ergebnisse

12.3.1 Ergebniskombinationen

Berechnung

Nach der [Berechnung] werden folgende Nachweise für die generierten Ergebniskombinationen angezeigt.

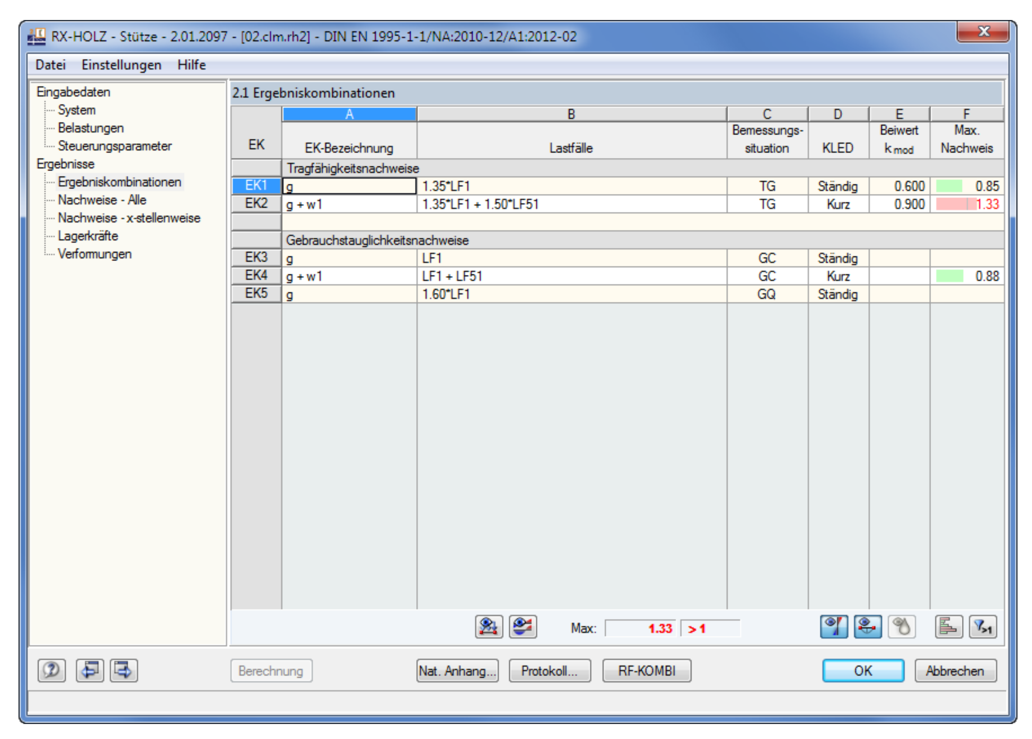


Bild 12.8: Maske 2.1 *Ergebniskombinationen*

In dieser Maske werden die Auslastungen für jede Ergebniskombination ausgegeben. Die Auflistung ist in zwei Blöcken nach den Nachweisen der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit angeordnet.



Über die links dargestellten Schaltflächen lassen sich die [Lasten der Lastfälle] und die Schnittgrößen als [Ergebnisverläufe] betrachten.



12.3.2 Nachweise

In Maske 2.2 *Nachweise - Alle* sind die maßgebenden Nachweise der Stütze aufgelistet.

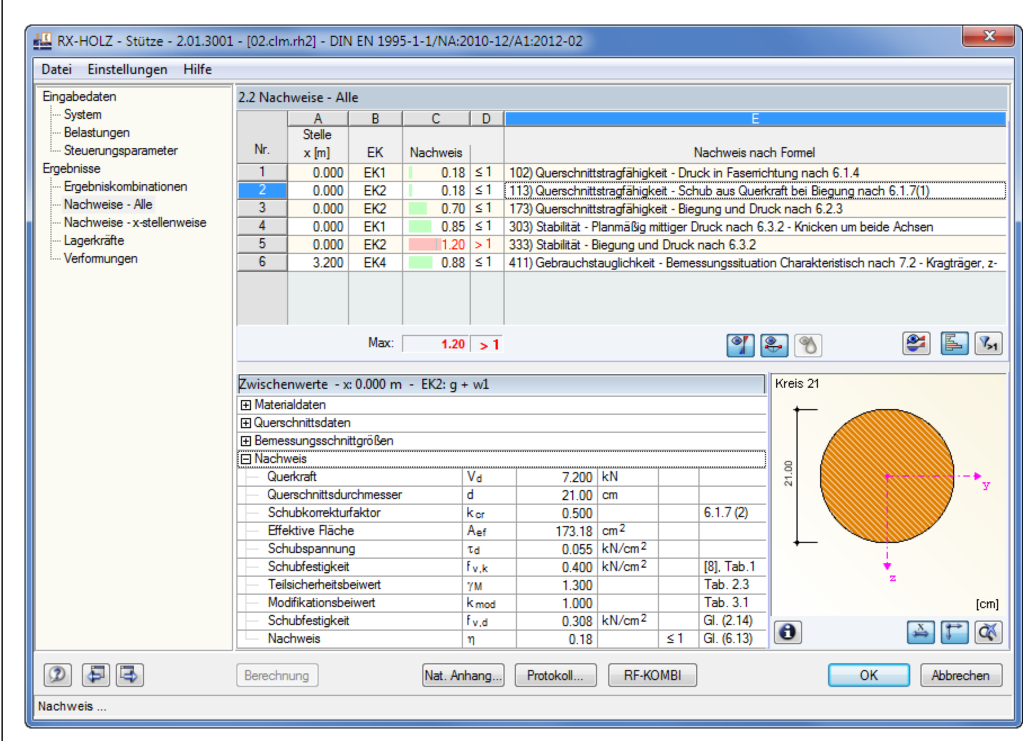


Bild 12.9: Maske 2.2 *Nachweise - Alle*

Um die Berechnung von RX-HOLZ zu erläutern, werden einige Nachweise im Handnachweis überprüft.

Schubkraftbeanspruchung nach 6.1.7

Die maximale Querkraftbeanspruchung liegt am Fußpunkt mit 7,2 kN in der EK2 vor.

Schubspannung

Die effektive Querschnittsfläche des Profils wird mit einem Schubkorrekturfaktor um 50 % abgemindert.

$$\tau_d = 1{,}33 \cdot \frac{V_d}{A \cdot k_{cr}} = 1{,}33 \cdot \frac{7{,}2\,\text{kN}}{346{,}4\,\text{cm}^2 \cdot 0{,}5} = 0{,}055\,\text{kN/cm}^2 = 0{,}55\,\text{N/mm}^2$$

Schubfestigkeit

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_m} = \frac{1{,}0 \cdot 4\,\text{N/mm}^2}{1{,}3} = 3{,}08\,\text{N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{0{,}55}{3{,}08} = 0{,}18 < 1$$



Druckbeanspruchung nach 6.3.2 (Stabilität)

Die maximale Beanspruchung ergibt sich auch bei diesem Nachweis im Auflagerbereich, diesmal jedoch wegen der Modifikationsbeiwerte in der EK1 mit der KLED ‚ständig'.

Druckspannung

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{60{,}75\,kN}{346{,}4\,cm^2} = 0{,}175KN/cm^2$$

Druckfestigkeit

$$f_{c,0,d} = \frac{0{,}6 \cdot 2{,}1kN/cm^2}{1{,}3} = 0{,}969\,kN/cm^2$$

Nachweis

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,o,d}} = \frac{0{,}175}{0{,}21 \cdot 0{,}969} = 0{,}86 < 1$$

Biegung und Druck nach 6.3.2

Das maßgebende Nachweiskriterium liegt wiederum im Auflagerbereich für die EK2 vor.

Druckspannung

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{60{,}75\,kN}{346{,}4\,cm^2} = 0{,}18\,kN/cm^2$$

Druckfestigkeit

$$f_{c,0,d} = \frac{1{,}0 \cdot 2{,}1kN/cm^2}{1{,}3} = 1{,}62\,kN/cm^2$$

Trägheitsradius

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi}{4} * r^4}{r^2 * \pi}} = 5{,}25cm$$

Schlankheitsgrad

$$\lambda = \frac{l_{eff}}{\sqrt{I}} \cdot \sqrt{A} = 121{,}9$$

Bezogener Schlankheitsgrad

$$\lambda_{rel,c} = \frac{\lambda}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = 2{,}07$$

k-Faktor

$$k = 0{,}5 \cdot [1 + ß_c \cdot (\lambda_{rel,c} - 0{,}3) + \lambda^2{}_{rel,c}] = 2{,}81$$

Knickbeiwert

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda^2{}_{rel,c}}} = 0{,}21$$

Kippbeiwert k_m nach 6.1.6: 1,0

Nachweis nach Gl. (6.23)

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_m \cdot f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0{,}18}{0{,}21 \cdot 1{,}62} + \frac{1{,}27}{1{,}0 \cdot 1{,}85} + 0{,}7 \cdot \frac{0}{16{,}62} = 1{,}22 > 1$$



12.3.3 Gebrauchstauglichkeit

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit zur Verhinderung von Schäden an nichttragenden Bauteilen wird nach EN 1995-1-1 Absatz 7.2 geführt.

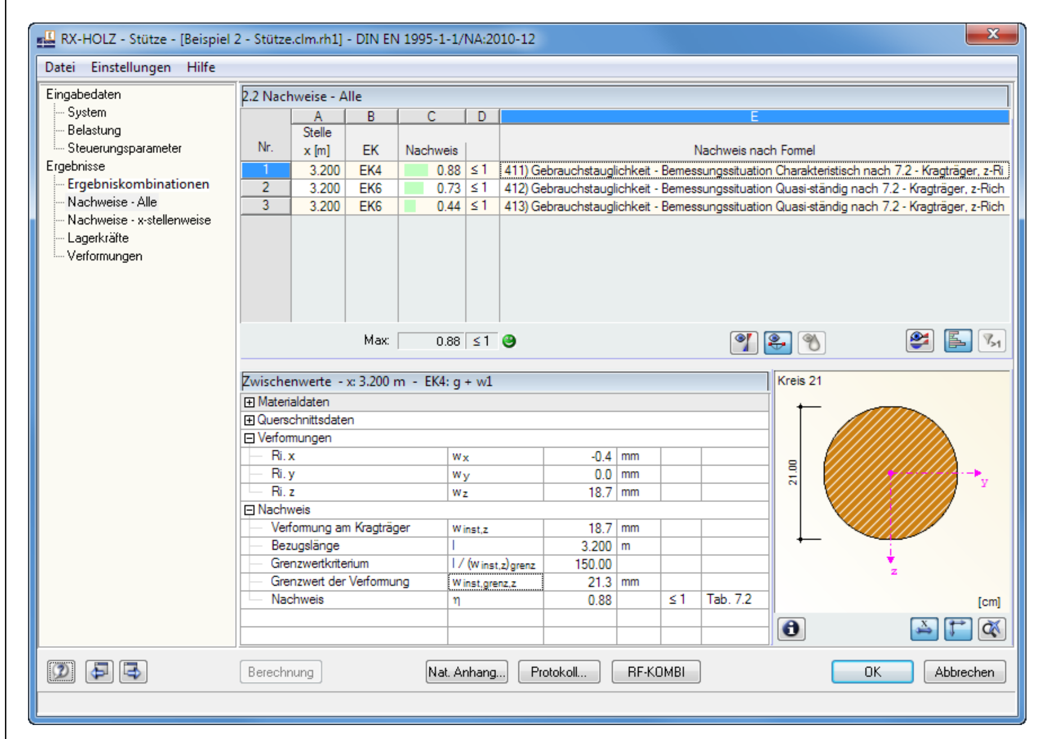


Bild 12.10: Maske 2.2 *Nachweise - Alle* (Filter für Gebrauchstauglichkeit)

Wegen der geringen zulässigen Verformung von l/150 der Kragstütze ist die charakteristische Bemessungssituation maßgebend.

Gebrauchstauglichkeitsnachweis

$$w_{Q,inst} = \frac{w \cdot h^4}{8 \cdot E \cdot I_y} \leq \frac{l}{150}$$

$$w_{Q,inst} = \frac{1{,}5 \cdot 3{,}2^4}{8 \cdot 11000 \cdot 9546{,}56} \cdot \frac{10^{-1}}{10^{-8}} = 1{,}87\,\text{cm} < 2{,}13\,\text{cm} = \frac{320}{150}$$

Nachweis

$$\frac{w_{Q,inst}}{w_{inst,grenz}} = \frac{1{,}87\text{ cm}}{2{,}13\text{ cm}} = 0{,}88 < 1$$

Dieses Ergebnis stimmt mit den Nachweisen von RX-HOLZ überein.

12.3.4 Weitere Ergebnismasken

Die übrigen Ergebnismasken und die Dokumentation im Ausdruckprotokoll decken sich weitgehend mit denen der Beispiele, die in den Kapiteln 10 und 11 vorgestellt wurden.



Module
RX-HOLZ
BSH
DLT
Stütze
Rahmen
Pfette
Verband

13. Rahmen

Dieses Beispiel stellt die Tragfähigkeitsnachweise nach EN 1995-1-1 an einem symmetrischen Rahmen vor. Die Stütze ist innen geneigt; die Rahmenecke wird als Keilzinkverbindung mit Zwischenstück ausgeführt.

Die Modelldaten sind im Modell *01.frm* des Projekts *Beispiele RX-HOLZ* abgelegt. Sie ist unter den Beispieldateien des Programms **Rahmen** zu finden.

13.1 System und Belastung

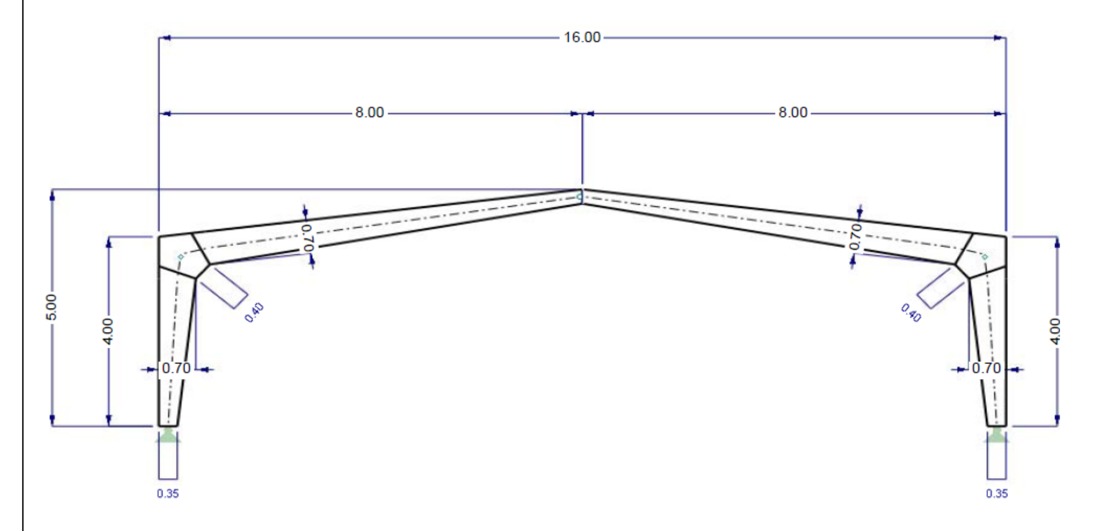


Bild 13.1: System und Belastung

Modell

Querschnittsbreite:	b = 30 cm
Querschnittshöhe Fuß:	h_a = 35 cm
Querschnittshöhe Scheitel:	h_f = 30 cm
Querschnittshöhe Rahmenecke:	h_1 = 70 cm
Länge Keilzwischenstück:	l_{zw} = 40 cm

Belastung

Einwirkung 1: Eigenlast/Dachaufbau	g = 4,32 kN/m	KLED = ständig
Einwirkung 2: Schnee	SZ 1, 200 m	KLED = kurz
Einwirkung 3: Wind	WZ 1, GK II	KLED = kurz

Die verschiedenen Schnee- und Windlastfälle werden automatisch durch die integrierten Lastgenerierer erzeugt.

Für den Nachweis der Tragfähigkeit werden die Lastfälle gemäß EN 1990 und EN 1995 kombiniert.



13.2 Eingabe der Modelldaten

13.2.1 Basisangaben

Dlubal RX-HOLZ 2.01
64-bit

Starten Sie das Programm über das Icon **Dlubal RX-HOLZ 2.xx** (siehe Kapitel 3.2, Seite 12) und wählen im Projektmanager dann das Modul **Rahmen**.

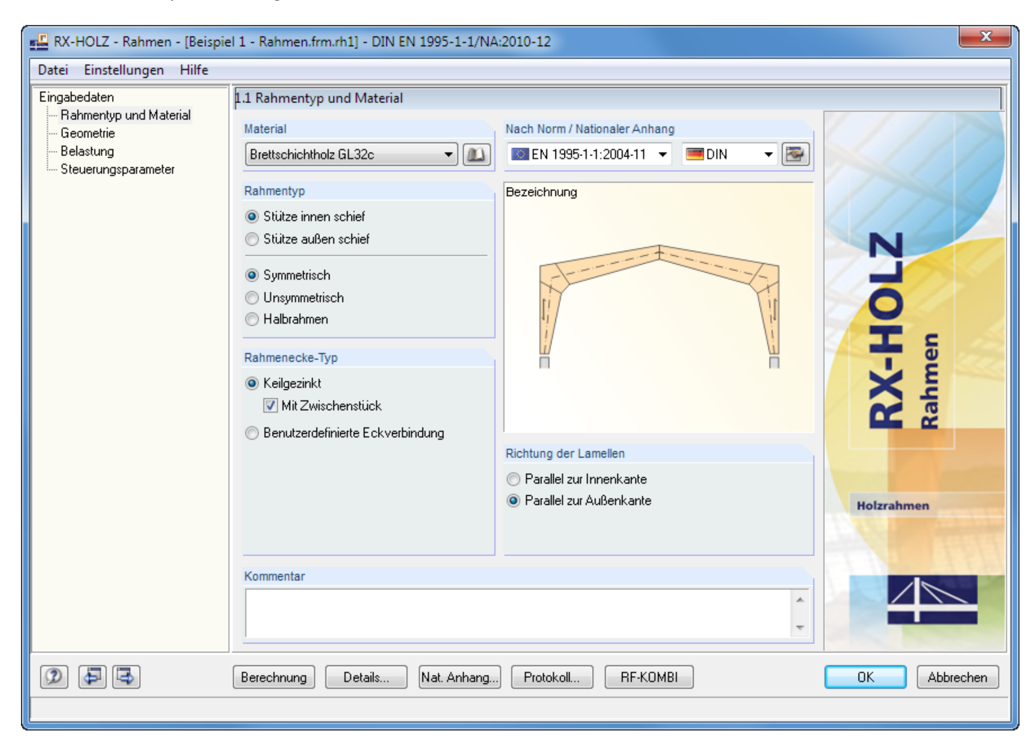


Bild 13.2: Maske 1.1 *Rahmentyp und Material*



Das Material kann in der Liste oder der umfangreichen Datenbank ausgewählt werden. Zusätzlich besteht in der [Bibliothek] die Möglichkeit, eine benutzerdefinierte Holzgüte mit speziellen Festigkeitseigenschaften zu definieren.

Als *Material* wählen wir **Brettschichtholz** der Festigkeitsklasse **GL32c**.

Der Rahmen soll nach der *Norm* **EN 1995-1-1:2004-11** und dem *Nationalen Anhang* gemäß **DIN** bemessen werden.

Es liegt ein *Rahmentyp* vor, dessen **Stütze innen schief** liegt (die Außenseite ist damit in vertikaler Lage) und der **Symmetrisch** angeordnet ist.

Die *Rahmenecke* ist **Keilgezinkt** und **Mit Zwischenstück** versehen.

Im Abschnitt *Richtung der Lamellen* legen wir fest, dass die Lamellen **Parallel zur Außenkante** verlaufen.



13.2.2 Geometrie

In der zweiten Maske sind die Anzahl der Felder, die Feldlängen sowie die Lager- und Gelenkbedingungen des Trägers einzugeben. Optional können den Lagern und Gelenken benutzerspezifische Federkonstanten zugewiesen oder Kragträger definiert werden.

Für unser Beispiel tragen wir die *Gebäude-Abmessungen* und den *Querschnitt* wie im folgenden Bild dargestellt ein.

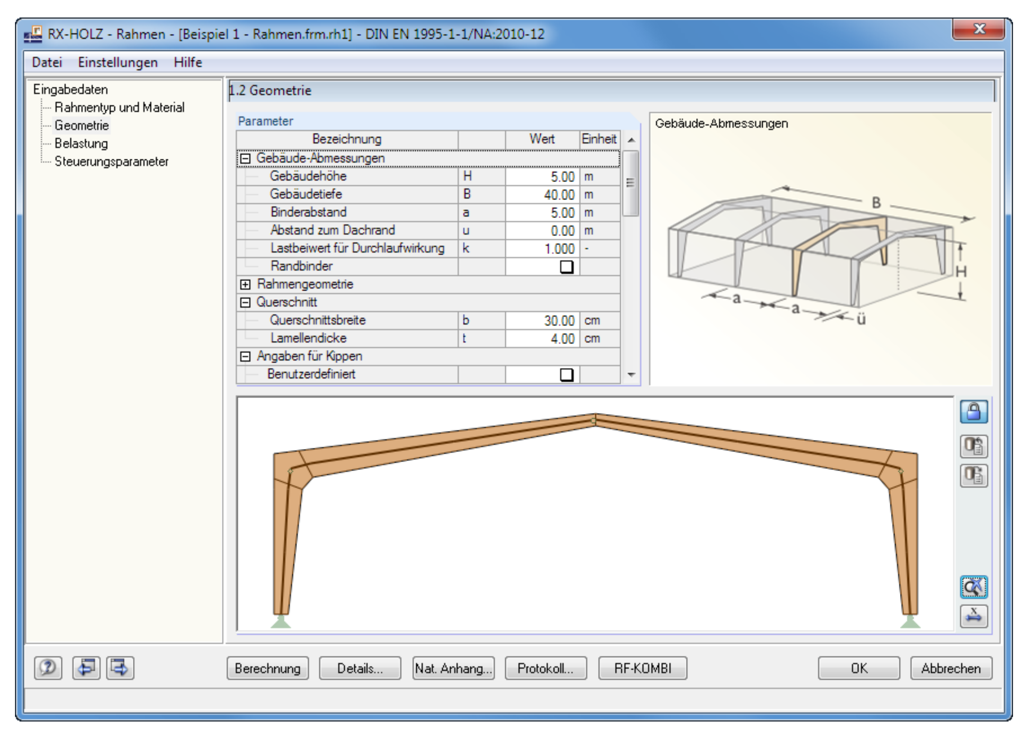


Bild 13.3: Maske 1.2 *Geometrie*

Die *Rahmengeometrie* definieren wir über folgende Parameter.

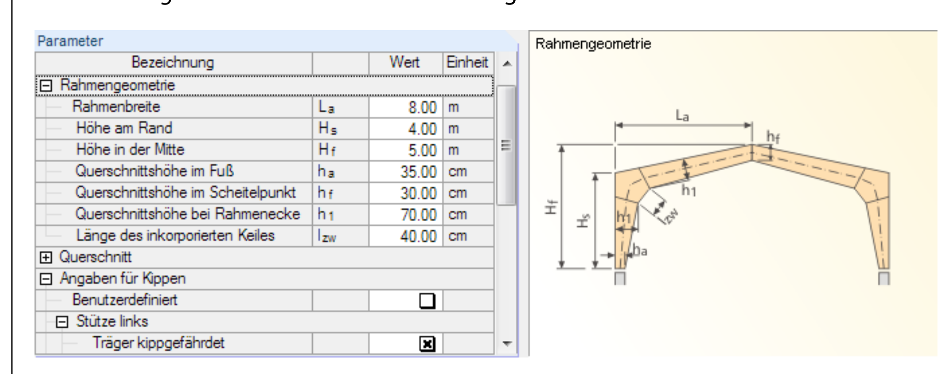
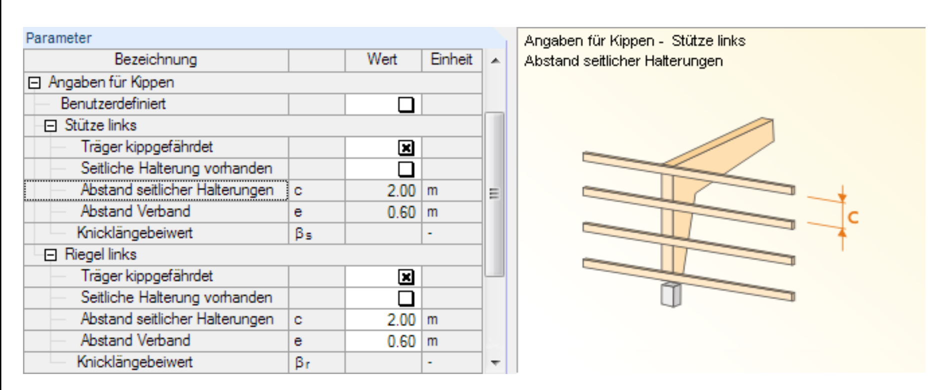


Bild 13.4: Parameter der *Rahmengeometrie*

Unter den *Angaben für Kippen* legen wir fest, dass die *Stütze links* sowie der *Riegel links* **kippgefährdet** sind (siehe Bild 13.5).

Falls seitliche Halterungen vorhanden sind, können die Abstände *c* dieser Zwischenstützungen angegeben werden. Dies ist in unserem Beispiel jedoch nicht der Fall.





Parameter

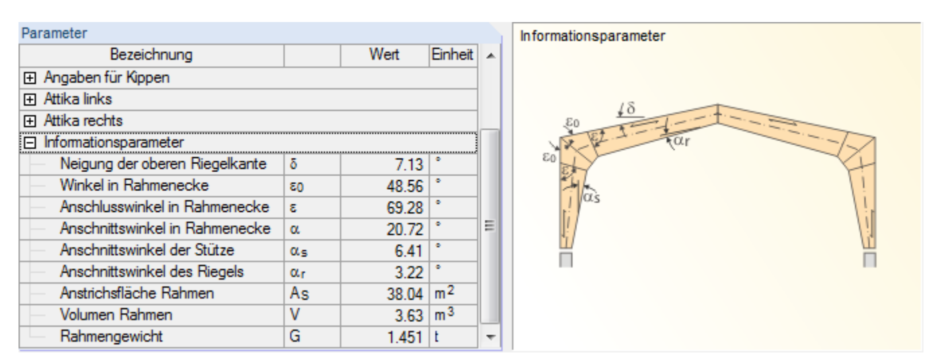
Bezeichnung		Wert	Einheit
⊟ Angaben für Kippen			
Benutzerdefiniert		☐	
⊟ Stütze links			
Träger kippgefährdet		☒	
Seitliche Halterung vorhanden		☐	
Abstand seitlicher Halterungen	c	2.00	m
Abstand Verband	e	0.60	m
Knicklängebeiwert	β_s		-
⊟ Riegel links			
Träger kippgefährdet		☒	
Seitliche Halterung vorhanden		☐	
Abstand seitlicher Halterungen	c	2.00	m
Abstand Verband	e	0.60	m
Knicklängebeiwert	β_r		-

Bild 13.5: Parameter für *Kippen*

Durch Anhaken der Option *Benutzerdefiniert* werden die beiden Felder zur direkten Eingabe der *Knicklängenbeiwerte* zugänglich. Wir verzichten jedoch auf diese Möglichkeit und belassen die programmseitigen Voreinstellungen.

Die Liste der Parameter setzt sich mit den Angaben zu einer eventuell vorhandenen *Attika* fort. Dort sind keine Einträge vorzunehmen.

Abschließend können wichtige *Informationsparameter* zur Geometrie des Rahmens überprüft werden.



Parameter

Bezeichnung		Wert	Einheit
⊞ Angaben für Kippen			
⊞ Attika links			
⊞ Attika rechts			
⊟ Informationsparameter			
Neigung der oberen Riegelkante	δ	7.13	°
Winkel in Rahmenecke	ε_0	48.56	°
Anschlusswinkel in Rahmenecke	ε	69.28	°
Anschnittswinkel in Rahmenecke	α	20.72	°
Anschnittswinkel der Stütze	α_s	6.41	°
Anschnittswinkel des Riegels	α_r	3.22	°
Anstrichsfläche Rahmen	As	38.04	m^2
Volumen Rahmen	V	3.63	m^3
Rahmengewicht	G	1.451	t

Bild 13.6: *Informationsparameter*



13.2.3 Belastung

Als erste Einwirkung in Maske 1.3 *Belastung* geben wir die *Ständige Einwirkung* für die Belastung „Eigengewicht und Dachaufbau“ ein. Als *Dachaufbau-Schicht* werden gewählt:

- Trapezblech mit 0,15 kN/m²
- Pfetten mit 0,15 kN/m²
- Dampfsperre mit 0,02 kN/m²
- Steinwolle (d = 20 cm) mit 0,20 kN/m²
- OSB-Platten (d = 25 mm) mit 0,15 kN/m²

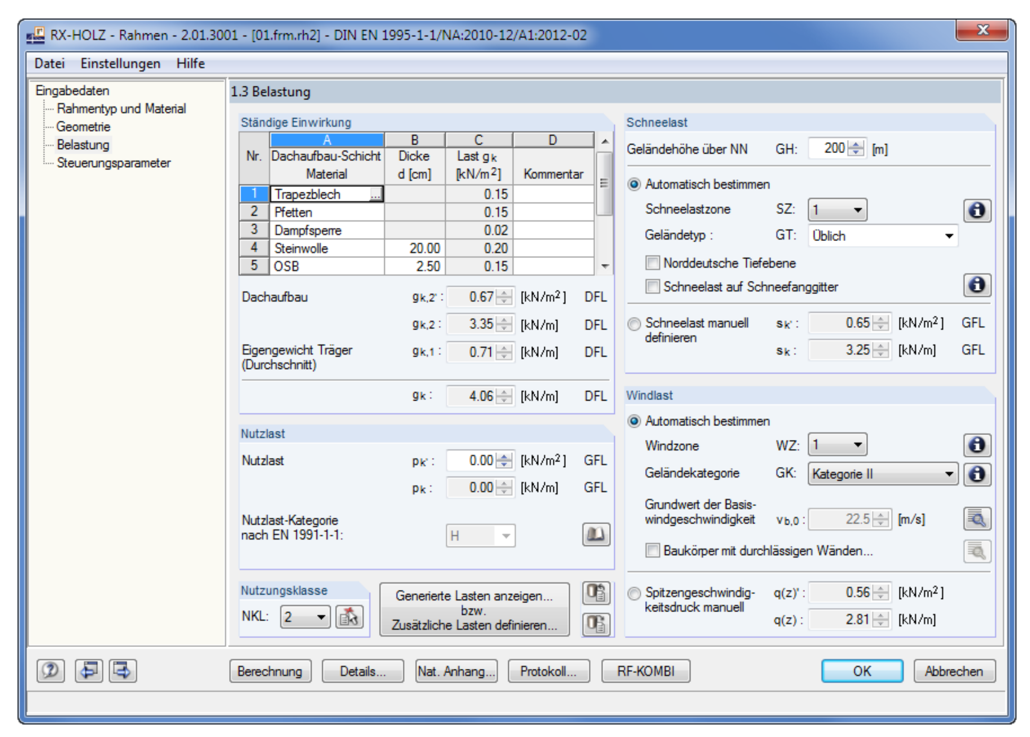


Bild 13.7: Maske 1.3 *Belastung*

Über die Schaltfläche [...] in Spalte *Dachaufbau-Schicht* können die Materialien in einer Bibliothek ausgewählt werden.

Aus diesem Dachaufbau ergibt sich die ständige Last g_k von 4,06 kN/m. Diese Belastung beinhaltet das Eigengewicht des Trägers. Da der Träger eine linear veränderliche Höhe aufweist, wird das Eigengewicht des Trägers automatisch als Trapezlast angesetzt.

Es könnte hier eine zusätzliche *Nutzlast* definiert werden, indem man diese über die links dargestellte Schaltfläche aus einer Tabelle auswählt und anschließend die entsprechende *Nutzlast-Kategorie* aus der Liste für *EN 1991-1-1* zuweist. Wir legen für unseren Träger allerdings nur noch die **Nutzungsklasse 2** fest.



Zur Ermittlung der *Schneelast* geben wir die *Geländehöhe* von **200 m** über NN an. Die *Schneelastzone* **SZ 1** lässt sich per Doppelklick in der Schneelastkarte definieren.



Die *Windlast* lassen wir für unser Beispiel **Automatisch bestimmen**. Hierzu geben wir nur die *Windzone* **WZ1** und die *Geländekategorie* **GK II** vor. Auch hier erleichtern informative Dialoge die Zuordnung.



Generierte Lasten anzeigen...
bzw.
Zusätzliche Lasten definieren...

Mit der Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen] wechseln wir in den Dialog *Lastfälle*, um die generierten Lasten zu betrachten.

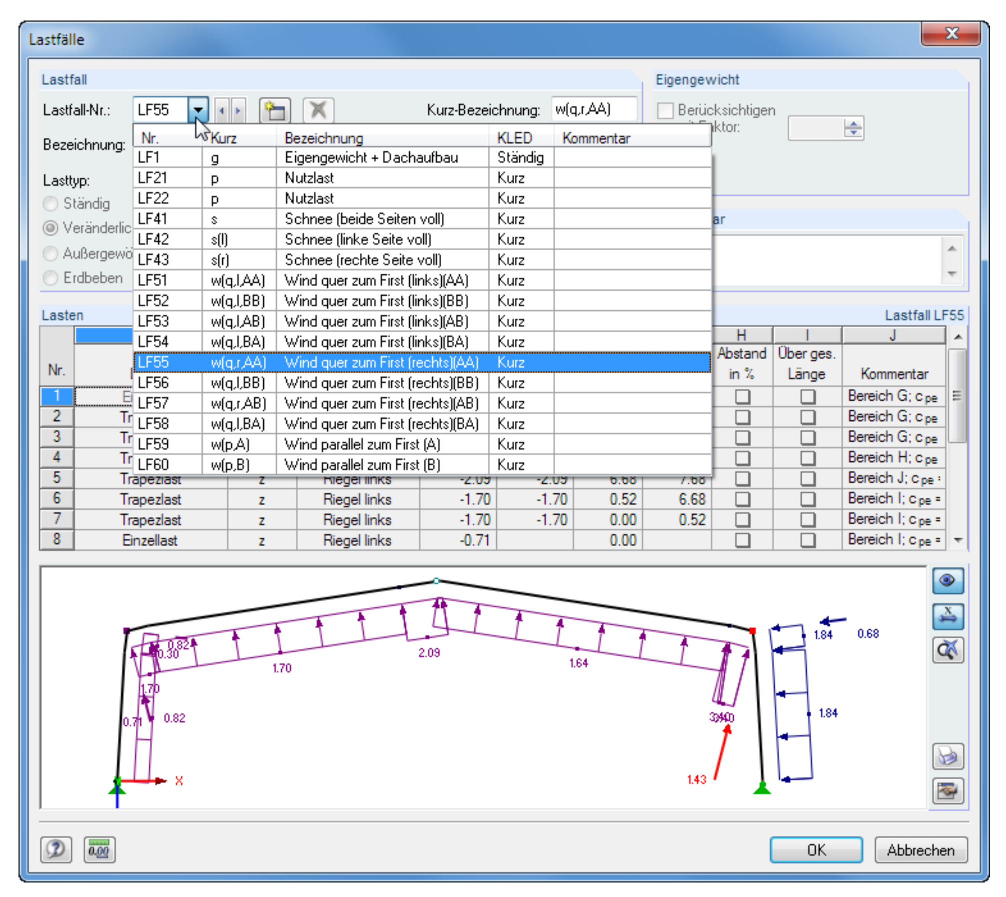


Bild 13.8: Dialog *Lastfälle* mit Liste der generierten Schnee- und Windlasten

Maßgebend für die Windlastgenerierung sind die Gebäudeabmessungen. Aus den in Maske 1.2 *Geometrie* angegebenen Maßen werden die Bereiche F, G, H, I nach [4] bzw. [11] ermittelt und die Windlasten entsprechend generiert.

Für die Bereiche, in denen sowohl Druck- als auch Sogkräfte angesetzt werden, erzeugt das Programm für jede Windeinwirkung mehrere Lastfälle mit den entsprechenden Sog- oder Druckkräften.



13.2.4 Steuerungsparameter

In Maske 1.4 *Steuerungsparameter* legen wir fest, dass nur der Nachweis für **Tragfähigkeit** geführt werden soll. Die Optionen *Lagesicherheit*, *Gebrauchstauglichkeit* und *Brandschutz* sind daher zu deaktivieren.

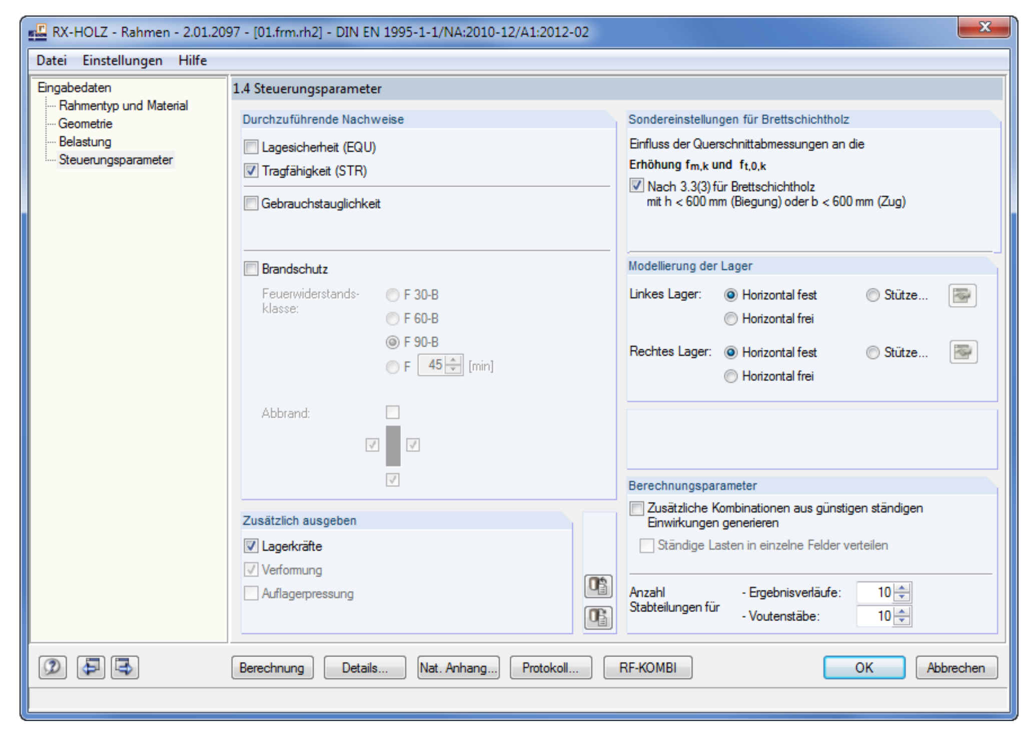
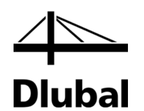


Bild 13.9: Maske 1.4 *Steuerungsparameter*

Im Abschnitt *Zusätzlich ausgeben* haken wir die Option **Lagerkräfte** an.

Die *Modellierung der Lager* erfolgt in der Weise, dass beide Seiten als **Horizontal fest** definiert werden.

Wir belassen die Voreinstellungen in den Abschnitten *Sondereinstellungen für Brettschichtholz* und *Berechnungsparameter*.



13.2.5 RF-KOMBI

RF-KOMBI

Das in RX-HOLZ integrierte Modul RF-KOMBI kombiniert die Lastfälle automatisch. RF-KOMBI braucht nicht aufgerufen werden. Wir wechseln jedoch über die Schaltfläche [RF-KOMBI] in dieses Modul, um die Kombinationen einzusehen, die im Hintergrund generiert werden.

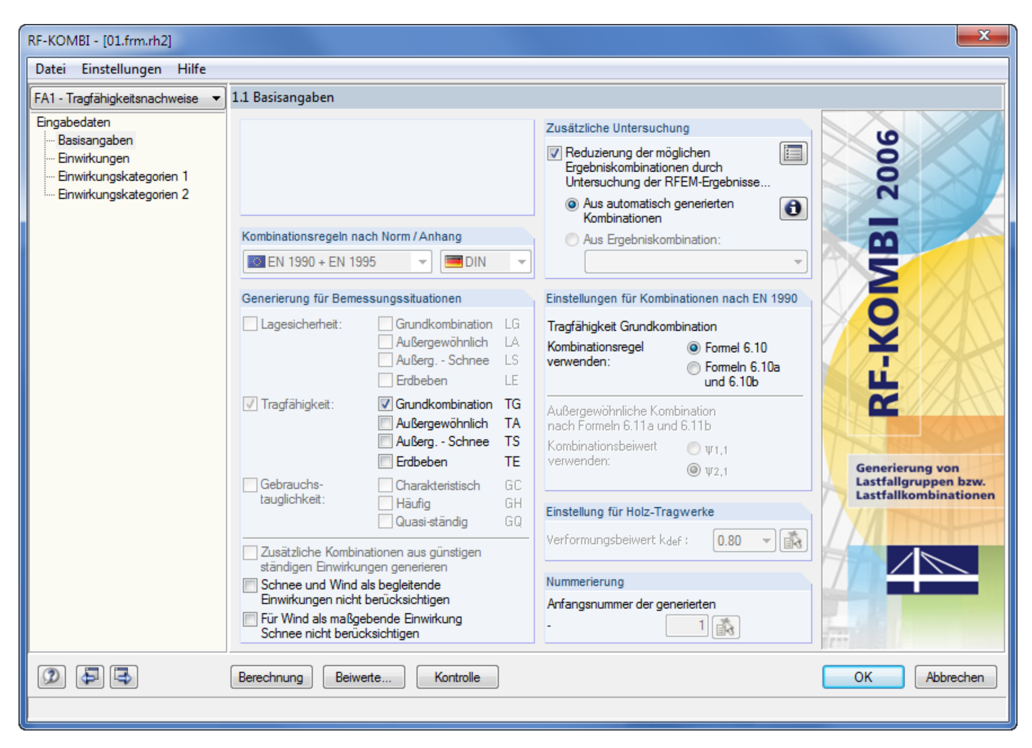
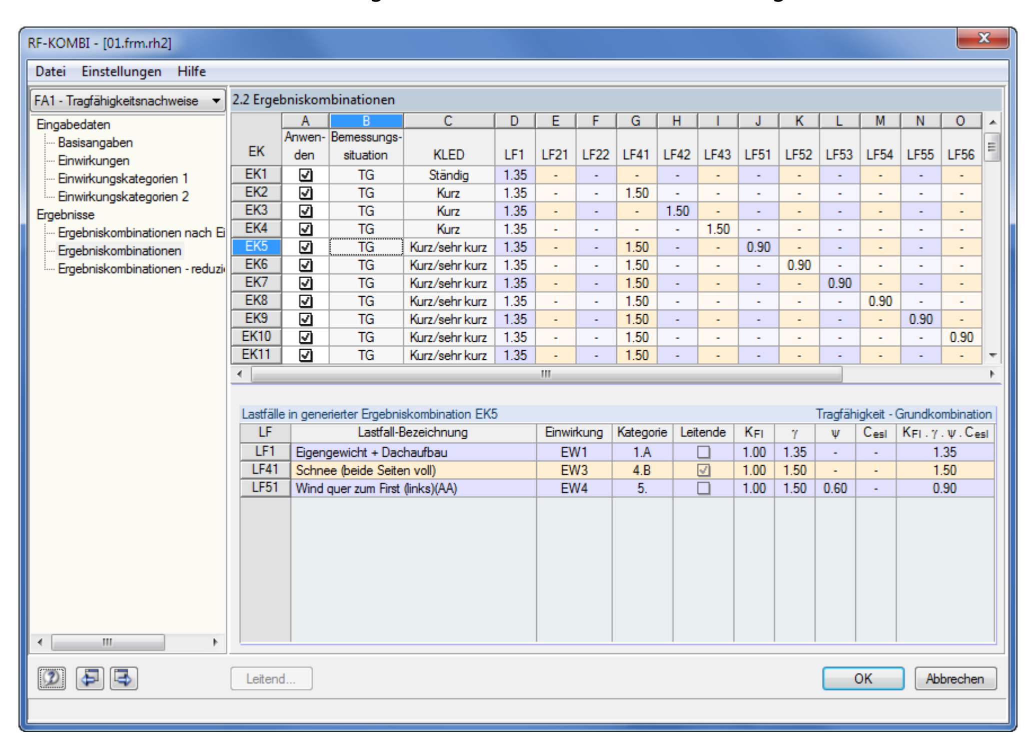


Bild 13.10: Modul *RF-KOMBI*

Berechnung

Über die Schaltfläche [Berechnung] lassen wir die Kombinationen erzeugen.



EK	A Anwenden	B Bemessungssituation	C KLED	D LF1	E LF21	F LF22	G LF41	H LF42	I LF43	J LF51	K LF52	L LF53	M LF54	N LF55	O LF56
EK1	☑	TG	Ständig	1.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EK2	☑	TG	Kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-
EK3	☑	TG	Kurz	1.35	-	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-
EK4	☑	TG	Kurz	1.35	-	-	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-
EK5	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	0.90	-	-	-	-	-
EK6	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	0.90	-	-	-	-
EK7	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	-	0.90	-	-	-
EK8	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	-	-	0.90	-	-
EK9	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-	0.90	-
EK10	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	0.90
EK11	☑	TG	Kurz/sehr kurz	1.35	-	-	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-

Lastfälle in generierter Ergebniskombination EK5 — Tragfähigkeit - Grundkombination

LF	Lastfall-Bezeichnung	Einwirkung	Kategorie	Leitende	K_{FI}	γ	ψ	C_{esl}	$K_{FI} \cdot \gamma \cdot \psi \cdot C_{esl}$
LF1	Eigengewicht + Dachaufbau	EW1	1.A	☐	1.00	1.35	-	-	1.35
LF41	Schnee (beide Seiten voll)	EW3	4.B	☑	1.00	1.50	-	-	1.50
LF51	Wind quer zum First (links)(AA)	EW4	5.	☐	1.00	1.50	0.60	-	0.90

Bild 13.11: RF-KOMBI-Maske 2.2: *Ergebniskombinationen*

Mit [OK] erfolgt die Rückkehr in das Programm *Rahmen*.



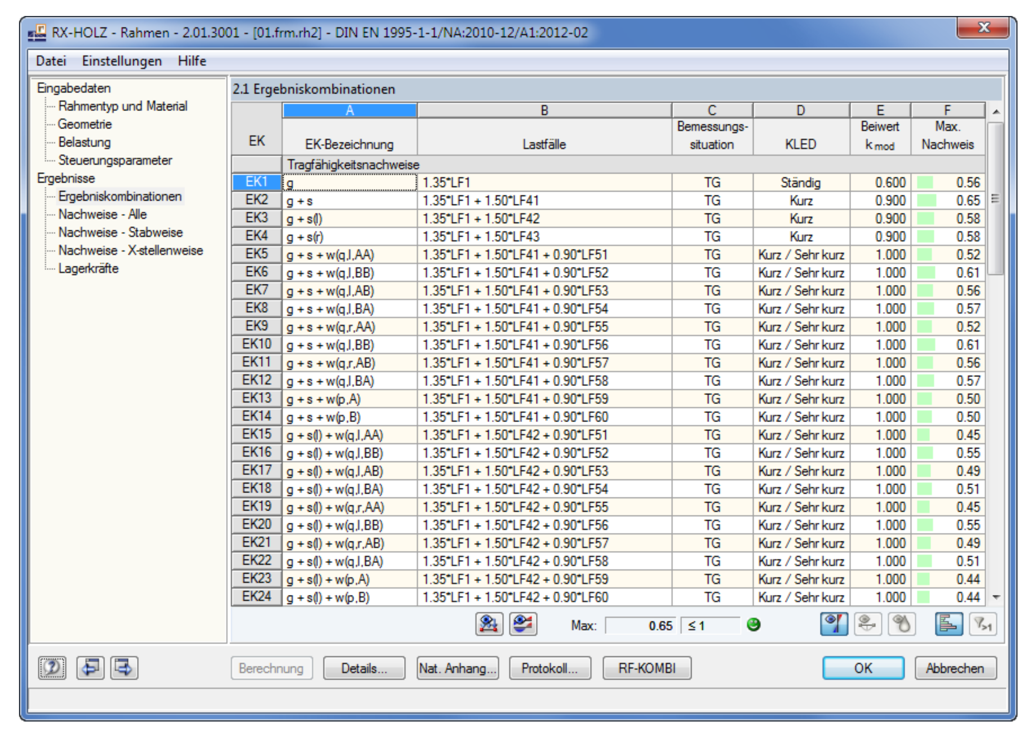
13.3 Ergebnisse

13.3.1 Ergebniskombinationen

Berechnung

Wir starten die [Berechnung] über die gleichnamige Schaltfläche.

Die Nachweise der Kombinationen mit den jeweiligen Ausnutzungen werden in Maske 2.1 ausgegeben.



EK	A EK-Bezeichnung	B Lastfälle	C Bemessungs-situation	D KLED	E Beiwert k mod	F Max. Nachweis
	Tragfähigkeitsnachweise					
EK1	g	1.35*LF1	TG	Ständig	0.600	0.56
EK2	g + s	1.35*LF1 + 1.50*LF41	TG	Kurz	0.900	0.65
EK3	g + s(l)	1.35*LF1 + 1.50*LF42	TG	Kurz	0.900	0.58
EK4	g + s(r)	1.35*LF1 + 1.50*LF43	TG	Kurz	0.900	0.58
EK5	g + s + w(q,l,AA)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF51	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.52
EK6	g + s + w(q,l,BB)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF52	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.61
EK7	g + s + w(q,l,AB)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF53	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.56
EK8	g + s + w(q,l,BA)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF54	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.57
EK9	g + s + w(q,r,AA)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF55	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.52
EK10	g + s + w(q,l,BB)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF56	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.61
EK11	g + s + w(q,r,AB)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF57	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.56
EK12	g + s + w(q,l,BA)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF58	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.57
EK13	g + s + w(p,A)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF59	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.50
EK14	g + s + w(p,B)	1.35*LF1 + 1.50*LF41 + 0.90*LF60	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.50
EK15	g + s(l) + w(q,l,AA)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF51	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.45
EK16	g + s(l) + w(q,l,BB)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF52	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.55
EK17	g + s(l) + w(q,l,AB)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF53	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.49
EK18	g + s(l) + w(q,l,BA)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF54	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.51
EK19	g + s(l) + w(q,r,AA)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF55	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.45
EK20	g + s(l) + w(q,l,BB)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF56	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.55
EK21	g + s(l) + w(q,r,AB)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF57	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.49
EK22	g + s(l) + w(q,l,BA)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF58	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.51
EK23	g + s(l) + w(p,A)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF59	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.44
EK24	g + s(l) + w(p,B)	1.35*LF1 + 1.50*LF42 + 0.90*LF60	TG	Kurz / Sehr kurz	1.000	0.44

Bild 13.12: Maske 2.1 *Ergebniskombinationen*

Der Beiwert k_{mod} zur Berücksichtigung des zeitabhängigen Setzungsverhaltens infolge der Lasteinwirkungsdauer und der klimatischen Besonderheiten des Holzes wird automatisch entsprechend der KLED und der NKL angewandt.

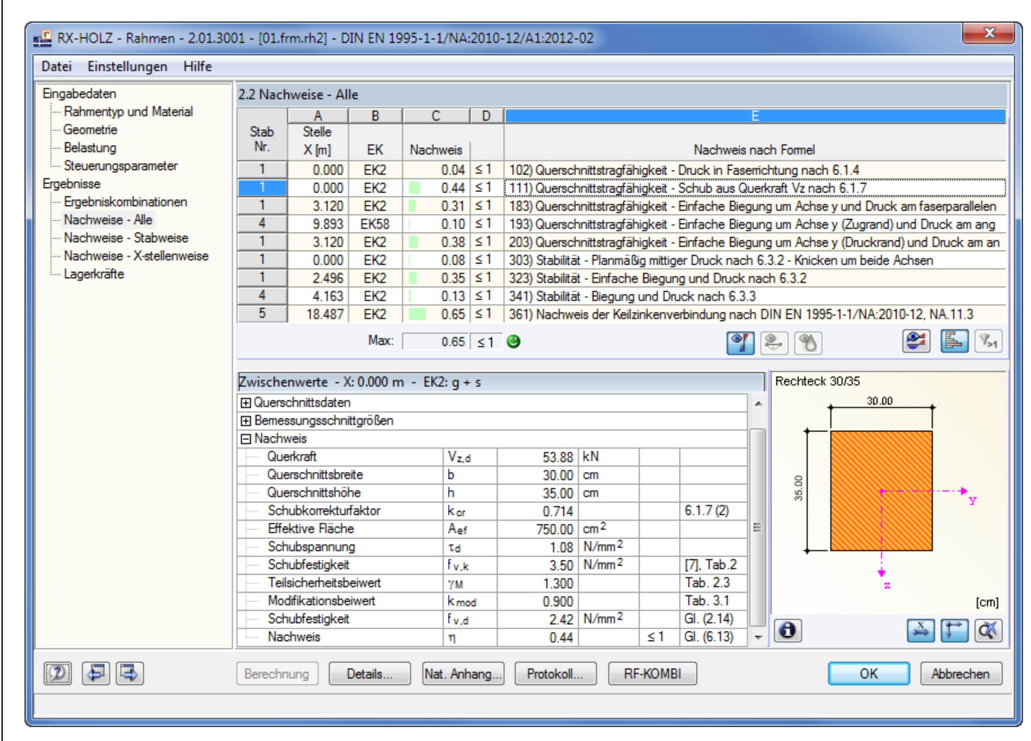


Über die Schaltfläche [Lasten der Lastfälle] können die Lasten und die Klassen der Lasteinwirkungen betrachtet werden, die die aktuelle Ergebniskombination betreffen (d. h. die EK, in dessen Zeile sich der Cursor befindet).



13.3.2 Nachweise

Diese Maske listet alle Nachweise auf, die für den gesamten Rahmen maßgebend sind.



Stab Nr.	Stelle X [m]	EK	Nachweis		Nachweis nach Formel
1	0.000	EK2	0.04	≤ 1	102) Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
1	0.000	EK2	0.44	≤ 1	111) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
1	3.120	EK2	0.31	≤ 1	183) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck am faserparallelen
4	9.893	EK58	0.10	≤ 1	193) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Zugrand) und Druck am ang
1	3.120	EK2	0.38	≤ 1	203) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Druckrand) und Druck am an
1	0.000	EK2	0.08	≤ 1	303) Stabilität - Planmäßig mittiger Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen
1	2.496	EK2	0.35	≤ 1	323) Stabilität - Einfache Biegung und Druck nach 6.3.2
4	4.163	EK2	0.13	≤ 1	341) Stabilität - Biegung und Druck nach 6.3.3
5	18.487	EK2	0.65	≤ 1	361) Nachweis der Keilzinkenverbindung nach DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, NA.11.3

Bild 13.13: Maske 2.2 *Nachweise - Alle*

Die Beiwerte und Bemessungsschnittgrößen sind interaktiv abrufbar: Mit einem Klick auf einen Nachweis in der oberen Tabelle können alle *Zwischenwerte* des Nachweises im Abschnitt unterhalb betrachtet werden.

Die Ergebnisse des Programms werden durch eine Handrechnung überprüft.

Schub aus Querkraft V_z nach 6.1.7

Die maximale Querkraft von 53,88 kN tritt am linken Stützenfuß in der EK2 auf.

Schubspannung

$$\tau_d = 1{,}5 \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h} = 1{,}5 \cdot \frac{53{,}88\ \text{kN}}{21{,}4\ \text{cm} \cdot 35\ \text{cm}} = 0{,}108\ \text{kN/cm}^2 = 1{,}08\ \text{N/mm}^2$$

$$\text{mit}\quad b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0{,}714 \cdot 30\ \text{cm} = 21{,}4\ \text{cm}$$

$$k_{cr} = \frac{2{,}5}{f_{v,k}} = \frac{2{,}5}{3{,}5} = 0{,}714$$

Schubfestigkeit

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_m} = \frac{0{,}9 \cdot 3{,}5\ \text{N/mm}^2}{1{,}3} = 2{,}42\ \text{N/mm}^2$$

Nachweis

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1{,}08}{2{,}42} = 0{,}44 < 1$$



Einfache Biegung und Druck am faserparallelen Rand

Die Querschnittstragfähigkeit wird nach Absatz 6.4.2 und 6.2.4 untersucht.



Die maximale Beanspruchung infolge Biegung und Druck tritt in der linken Rahmenecke in der EK2 auf. Die [Ergebnisverläufe] stellen die Schnittgrößen an den aneinandergereihten Stäben dar, wenn die EK2 oben in der Liste eingestellt ist.

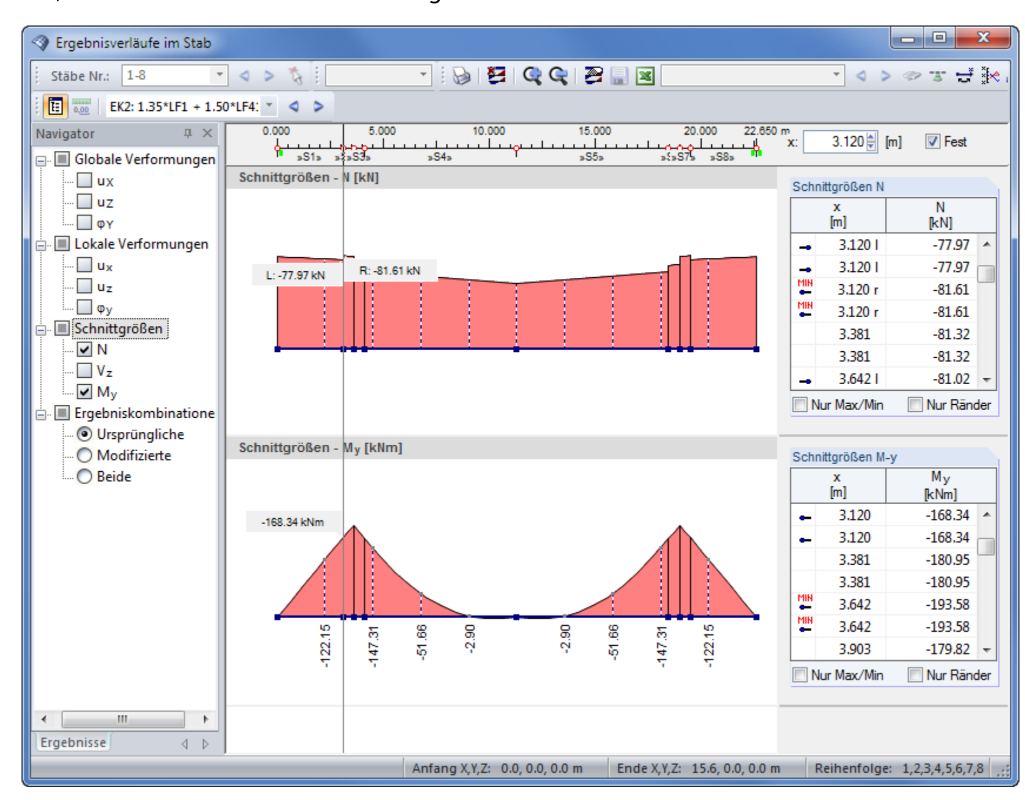
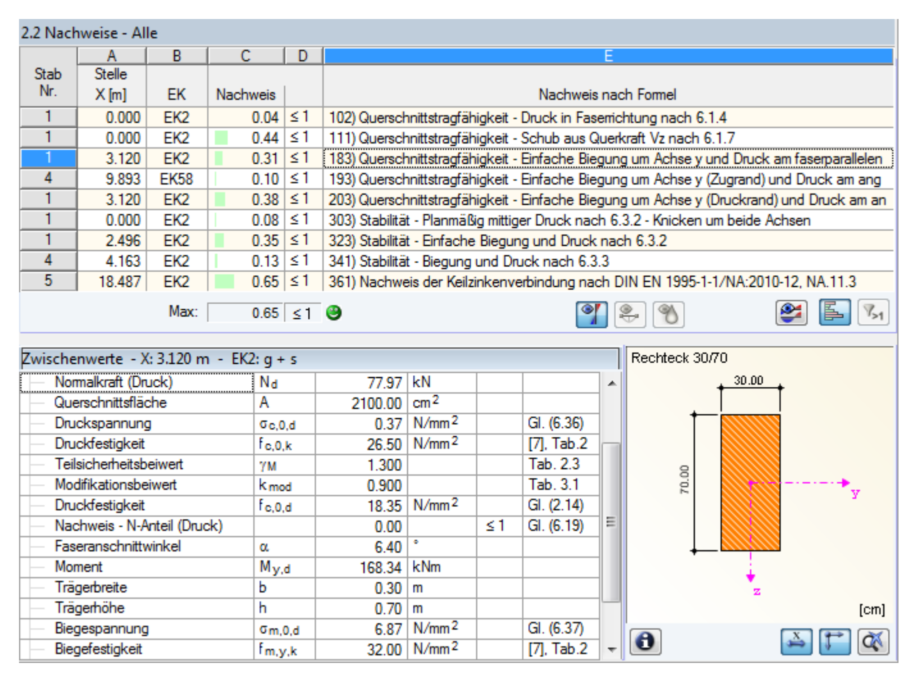


Bild 13.14: Verlauf der Schnittgrößen N und M_y in EK2

RX-HOLZ weist die Querschnittstragfähigkeit an der Stelle X = 3,12 m wie folgt nach.



2.2 Nachweise - Alle

Stab Nr.	Stelle X [m]	EK	Nachweis		Nachweis nach Formel
1	0.000	EK2	0.04	≤ 1	102) Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
1	0.000	EK2	0.44	≤ 1	111) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
1	3.120	EK2	0.31	≤ 1	183) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck am faserparallelen
4	9.893	EK58	0.10	≤ 1	193) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Zugrand) und Druck am ang
1	3.120	EK2	0.38	≤ 1	203) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Druckrand) und Druck am an
1	0.000	EK2	0.08	≤ 1	303) Stabilität - Planmäßig mittiger Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen
1	2.496	EK2	0.35	≤ 1	323) Stabilität - Einfache Biegung und Druck nach 6.3.2
4	4.163	EK2	0.13	≤ 1	341) Stabilität - Biegung und Druck nach 6.3.3
5	18.487	EK2	0.65	≤ 1	361) Nachweis der Keilzinkenverbindung nach DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, NA.11.3
		Max:	0.65	≤ 1	

Zwischenwerte - X: 3.120 m - EK2: g + s

Normalkraft (Druck)	N_d	77.97	kN		
Querschnittsfläche	A	2100.00	cm²		
Druckspannung	$\sigma_{c,0,d}$	0.37	N/mm²		Gl. (6.36)
Druckfestigkeit	$f_{c,0,k}$	26.50	N/mm²		[7], Tab.2
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.300			Tab. 2.3
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.900			Tab. 3.1
Druckfestigkeit	$f_{c,0,d}$	18.35	N/mm²		Gl. (2.14)
Nachweis - N-Anteil (Druck)		0.00		≤ 1	Gl. (6.19)
Faseranschnittwinkel	α	6.40	°		
Moment	$M_{y,d}$	168.34	kNm		
Trägerbreite	b	0.30	m		
Trägerhöhe	h	0.70	m		
Biegespannung	$\sigma_{m,0,d}$	6.87	N/mm²		Gl. (6.37)
Biegefestigkeit	$f_{m,y,k}$	32.00	N/mm²		[7], Tab.2

Bild 13.15: Nachweis der Querschnittstragfähigkeit für Biegung und Druck am faserparallelen Rand



Druckspannung $\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{77{,}97\,\text{kN}\cdot 10^3}{2100\,\text{cm}^2\cdot 10^2} = 0{,}37\,\text{N/mm}^2$

Nachweis N-Anteil $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 = \left(\frac{0{,}39}{18{,}35}\right)^2 \approx 0{,}00$

Biegespannung $\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{168{,}34\,\text{kNm}\cdot 10^6}{24500\,\text{cm}^3\cdot 10^3} = 6{,}87\,\text{N/mm}^2$

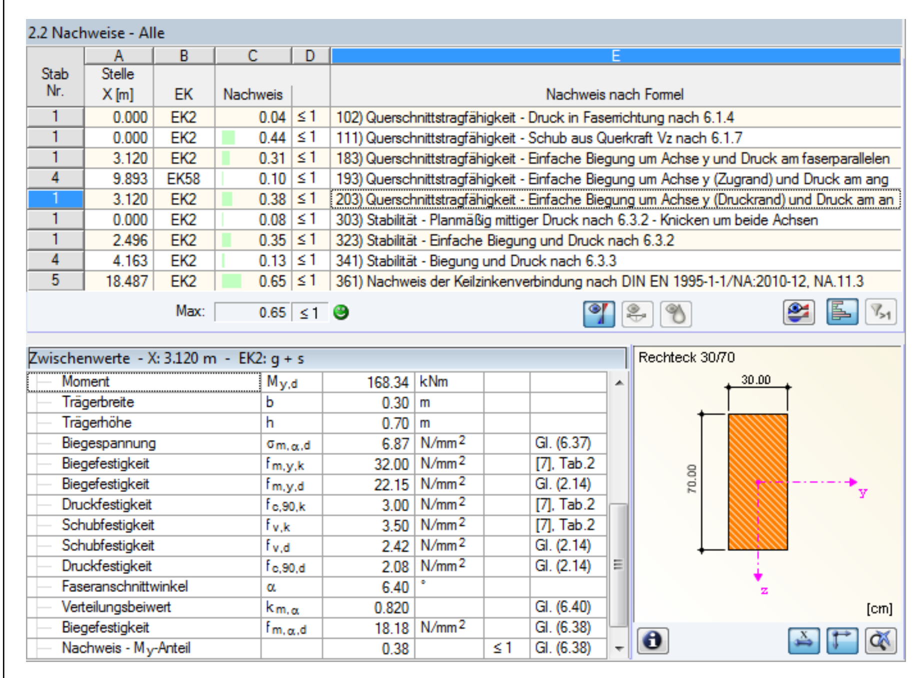
Biegefestigkeit $f_{m,d} = k_{mod}\cdot\frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}9\cdot\frac{32\,\text{N/mm}^2}{1{,}3} = 22{,}15\,\text{N/mm}^2$

Nachweis M-Anteil $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = \frac{6{,}87}{22{,}15} = 0{,}31$

Nachweis $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = 0{,}00 + 0{,}33 = 0{,}31 < 1$

Einfache Biegung und Druck am angeschnittenen Rand (Druckrand)

Die maximale Beanspruchung liegt an der gleichen Stelle X vor – ebenfalls in der EK2.



2.2 Nachweise - Alle

Stab Nr.	A Stelle X [m]	B EK	C Nachweis	D	E Nachweis nach Formel
1	0.000	EK2	0.04	≤ 1	102) Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
1	0.000	EK2	0.44	≤ 1	111) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
1	3.120	EK2	0.31	≤ 1	183) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck am faserparallelen
4	9.893	EK58	0.10	≤ 1	193) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Zugrand) und Druck am ang
1	3.120	EK2	0.38	≤ 1	203) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Druckrand) und Druck am an
1	0.000	EK2	0.08	≤ 1	303) Stabilität - Planmäßig mittiger Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen
1	2.496	EK2	0.35	≤ 1	323) Stabilität - Einfache Biegung und Druck nach 6.3.2
4	4.163	EK2	0.13	≤ 1	341) Stabilität - Biegung und Druck nach 6.3.3
5	18.487	EK2	0.65	≤ 1	361) Nachweis der Keilzinkenverbindung nach DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, NA.11.3
		Max:	0.65	≤ 1	

Zwischenwerte - X: 3.120 m - EK2: g + s

Moment	$M_{y,d}$	168.34	kNm		
Trägerbreite	b	0.30	m		
Trägerhöhe	h	0.70	m		
Biegespannung	$\sigma_{m,\alpha,d}$	6.87	N/mm²		Gl. (6.37)
Biegefestigkeit	$f_{m,y,k}$	32.00	N/mm²		[7], Tab.2
Biegefestigkeit	$f_{m,y,d}$	22.15	N/mm²		Gl. (2.14)
Druckfestigkeit	$f_{c,90,k}$	3.00	N/mm²		[7], Tab.2
Schubfestigkeit	$f_{v,k}$	3.50	N/mm²		[7], Tab.2
Schubfestigkeit	$f_{v,d}$	2.42	N/mm²		Gl. (2.14)
Druckfestigkeit	$f_{c,90,d}$	2.08	N/mm²		Gl. (2.14)
Faseranschnittwinkel	α	6.40	°		
Verteilungsbeiwert	$k_{m,\alpha}$	0.820			Gl. (6.40)
Biegefestigkeit	$f_{m,\alpha,d}$	18.18	N/mm²		Gl. (6.38)
Nachweis - M_y-Anteil		0.38		≤ 1	Gl. (6.38)

Bild 13.16: Nachweis der Querschnittstragfähigkeit für Biegung und Druck am angeschnittenen Rand

Es liegen die gleichen Druck- und Biegespannungen vor wie am faserparallelen Rand (siehe oben). Für den Nachweis am angeschnittenen Rand ist der Beiwert $k_{m,\alpha}$ entscheidend.

Beiwert Druckrand $k_{m,\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{f_{m,d}}{1{,}5\cdot f_{v,d}}\cdot\tan\alpha\right)^2+\left(\frac{f_{m,d}}{f_{c,90,d}}\cdot\tan^2\alpha\right)^2}} = 0{,}82$

Nachweis $\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,d}}{k_{m,\alpha}\cdot f_{m,d}} = \left(\frac{0{,}39}{18{,}35}\right)^2 + \frac{6{,}87}{0{,}82\cdot 22{,}15} = 0{,}38 < 1$



Stabilität für einfache Biegung und Druckkraft nach 6.3.2

Bei den Stabilitätsnachweisen wird der Kippnachweis für einfache Biegung um die Stabachse y mit Druckkraft als maßgebend ausgewiesen.

2.2 Nachweise - Alle

	A	B	C	D	E
Stab Nr.	Stelle X [m]	EK	Nachweis		Nachweis nach Formel
1	0.000	EK2	0.04	≤ 1	102) Querschnittstragfähigkeit - Druck in Faserrichtung nach 6.1.4
1	0.000	EK2	0.44	≤ 1	111) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
1	3.120	EK2	0.31	≤ 1	183) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y und Druck am faserparallelen
4	9.893	EK58	0.10	≤ 1	193) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Zugrand) und Druck am ang
1	3.120	EK2	0.38	≤ 1	203) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse y (Druckrand) und Druck am an
1	0.000	EK2	0.08	≤ 1	303) Stabilität - Planmäßig mittiger Druck nach 6.3.2 - Knicken um beide Achsen
1	2.496	EK2	0.35	≤ 1	323) Stabilität - Einfache Biegung und Druck nach 6.3.2
4	4.163	EK2	0.13	≤ 1	341) Stabilität - Biegung und Druck nach 6.3.3
5	18.487	EK2	0.65	≤ 1	361) Nachweis der Keilzinkenverbindung nach DIN EN 1995-1-1/NA:2010-12, NA.11.3
		Max:	0.65	≤ 1	

Bild 13.17: Stabilitätsnachweise

Die maßgebende Stelle X = 2,496 m liegt bei der linken Stütze vor. Es sind folgende Schnittgrößen der EK2 nachzuweisen:

- Normalkraft $N_d = 78{,}64$ kN
- Moment $M_{y,d} = 134{,}63$ kNm

Druckspannung
$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A} = \frac{78{,}64\,\text{kN} \cdot 10^3}{1890\,\text{cm}^2 \cdot 10^2} = 0{,}42\,\text{N/mm}^2$$

Biegespannung
$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{134{,}63\,\text{kNm} \cdot 10^6}{19845\,\text{cm}^3 \cdot 10^3} = 6{,}78\,\text{N/mm}^2$$

Knicklängenbeiwert
$$\beta_S = \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot I_S \cdot s}{3 \cdot h \cdot I_R} + \frac{I_S \cdot N_R \cdot s^2}{I_R \cdot N_S \cdot h^2}} =$$
$$= \sqrt{4 + \frac{\pi^2 \cdot 5{,}83E+09 \cdot 7683}{3 \cdot 3641 \cdot 4{,}833E+09} + \frac{5{,}83E+09 \cdot 76209 \cdot 7683^2}{4{,}833E+09 \cdot 85357 \cdot 3641^2}} = 4{,}143$$

Schlankheitsgrad
$$\lambda_y = \frac{l_{ef,y}}{i_y} = \frac{\beta_S \cdot h}{i_y} = \frac{4{,}143 \cdot 3641}{177{,}7} = 84{,}283$$
$$\lambda_z = \frac{l_{ef,z}}{i_z} = \frac{3642}{86{,}6} = 42{,}051$$

Bezog. Schlankheitsgrad
$$\lambda_{rel,c,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{84{,}283}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26{,}5}{11100}} = 1{,}311$$
$$\lambda_{rel,c,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{42{,}051}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{26{,}5}{11100}} = 0{,}654$$

Hilfsknickbeiwert
$$k_y = 0{,}5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel,y} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,y}^2\right) =$$
$$= 0{,}5 \cdot \left(1 + 0{,}1 \cdot \left(1{,}311 - 0{,}3\right) + 1{,}311^2\right) = 1{,}410$$
$$k_z = 0{,}5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel,z} - 0{,}3\right) + \lambda_{rel,z}^2\right) =$$
$$= 0{,}5 \cdot \left(1 + 0{,}1 \cdot \left(0{,}654 - 0{,}3\right) + 0{,}654^2\right) = 0{,}732$$



Knickbeiwert $k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1{,}410 + \sqrt{1{,}410^2 - 1{,}311^2}} = 0{,}519$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0{,}732 + \sqrt{0{,}732^2 - 0{,}654^2}} = 0{,}944$$

Nachweis $\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{6{,}78}{22{,}15} + \frac{0{,}42}{0{,}519 \cdot 18{,}35} = 0{,}35$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} = \frac{6{,}78}{22{,}15} + 0{,}7 \cdot \frac{0{,}42}{0{,}944 \cdot 18{,}35} = 0{,}24$$

maßgebend: 0,38 < 1

⊟ Nachweis					
Normalkraft (Druck)	N_d	78.64	kN		
Querschnittsfläche	A	1890.00	cm²		
Druckspannung	$\sigma_{c,0,d}$	0.42	N/mm²		Gl. (6.36)
Ersatzstablänge	$l_{ef,y}$	14.987	m		
Ersatzstablänge	$l_{ef,z}$	3.642	m		
Trägheitsradius	i_y	17.77	cm		
Trägheitsradius	i_z	8.66	cm		
Schlankheitsgrad	λ_y	84.347			
Schlankheitsgrad	λ_z	42.051			
Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{rel,y}$	1.312		> 0.3	Gl. (6.21), /
Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{rel,z}$	0.654		> 0.3	Gl. (6.22), /
Imperfektionsbeiwert	β_c	0.100			Gl. (6.29)
Hilfsknickbeiwert	k_y	1.411			Gl. (6.27)
Hilfsknickbeiwert	k_z	0.732			Gl. (6.28)
Knickbeiwert	$k_{c,y}$	0.518			Gl. (6.25)
Knickbeiwert	$k_{c,z}$	0.944			Gl. (6.26)
Druckfestigkeit	$f_{c,0,k}$	26.50	N/mm²		[7], Tab.2
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.300			Tab. 2.3
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.900			Tab. 3.1
Druckfestigkeit	$f_{c,0,d}$	18.35	N/mm²		Gl. (2.14)
Elastizitätsmodul	$E_{0,05}$	11100.00	N/mm²		[7], Tab.2
Reduktionsbeiwert	k_m	0.700			6.1.6
Moment	$M_{y,d}$	134.63	kNm		
Widerstandsmoment	W_y	19845.00	cm³		
Biegespannung	$\sigma_{m,y,d}$	6.78	N/mm²		
Biegefestigkeit	$f_{m,y,k}$	32.00	N/mm²		[7], Tab.2
Biegefestigkeit	$f_{m,y,d}$	22.15	N/mm²		Gl. (2.14)
Nachweis 1	η_1	0.35		≤ 1	Gl. (6.23)
Nachweis 2	η_2	0.24		≤ 1	Gl. (6.24)
Nachweis	η	0.35		≤ 1	

Bild 13.18: Stabilitätsnachweis für einfache Biegung und Druck nach 6.3.2

Keilzinkenverbindung nach DIN EN 1995-1-1/NA 2009, NA.11.3

Für den Nachweis der Keilzinkenverbindung sind zunächst die Knicklängen und Spannungen wie oben dargestellt zu berechnen. Als maßgebend erweisen sich wieder die Schnittgrößen der EK2, die in diesem Fall an der Stelle X = 18.487 m vorliegen.

Knicklängenbeiwert Riegel $\beta_R = \beta_S \cdot \sqrt{\frac{I_R \cdot N_S}{I_S \cdot N_R} \cdot \frac{h}{s}} =$

$$= 4{,}15 \cdot \sqrt{\frac{4{,}814E+09 \cdot 81610}{5{,}83E+09 \cdot 72860} \cdot \frac{3641}{7683}} = 1{,}89$$

Schlankheitsgrad $\lambda_R = \frac{l_{ef,R}}{i_y} = \frac{\beta_R \cdot s}{i_y} = \frac{1{,}89 \cdot 768\text{cm}}{16{,}77\text{cm}} = 86{,}6$



Nachweis $\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,\alpha,d}} \cdot \left(\frac{\sigma_{c,0,dS}}{k_{cS} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,dS}}{f_{m,d}} \right) = \frac{15{,}59}{12{,}47} \cdot \left(\frac{0{,}5}{0{,}511 \cdot 15{,}59} + \frac{8{,}59}{18{,}83} \right) = 0{,}65$

$$\frac{f_{c,0,d}}{f_{c,\alpha,d}} \cdot \left(\frac{\sigma_{c,0,dR}}{k_{cR} \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,dR}}{f_{m,d}} \right) = \frac{15{,}59}{12{,}47} \cdot \left(\frac{0{,}43}{0{,}489 \cdot 15{,}59} + \frac{8{,}5}{18{,}83} \right) = 0{,}64$$

maßgebend: $0{,}65 < 1$

⊟ Nachweis					
Normalkraft im Stiel	N_S	81.61	kN		
Moment im Stiel	M_S	168.34	kNm		
Höhe des Stieles	h	3.642	m		
Querschnittsbreite	b	30.00	cm		
Querschnittshöhe Stielseite	$h_{S\ 0,65}$	61.55	cm		
Trägheitsmoment Stielseite	I_S^*	583018.00	cm^4		
Knicklängenbeiwert Stiel	β_S^*	4.150			Tab. NA.23
Schlankheitsgrad Stiel	λ_S^*	85.047			
Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{rel,cS}^*$	1.323			Gl. (6.21)
Beiwert	β_c	0.100			Gl. (6.29)
Knickbeiwert	k_S^*	1.426			Gl. (6.27)
Knickbeiwert	k_{cS}^*	0.511			Gl. (6.25)
Normalkraft im Riegel	N_r	72.86	kN		
Moment im Riegel	M_r	166.68	kNm		
Länge des Riegels	s	7.683	m		
Querschnittshöhe Riegelseite	$h_{r\ 0.65}$	0.577	m		
Trägheitsmoment Riegelseite	I_r^*	481392.00	cm^4		
Knicklängenbeiwert Riegel	β_R^*	1.891			Tab. NA.23
Schlankheitsgrad Riegel	λ_R^*	87.180			
Bezogener Schlankheitsgrad	$\lambda_{rel,cR}^*$	1.356			Gl. (6.21)
Knickbeiwert	k_R^*	1.472			Gl. (6.27)
Knickbeiwert	k_{cR}^*	0.489			Gl. (6.25)
Winkel	α	20.72	°		
Biegefestigkeit	$f_{m,k}$	32.00	N/mm^2		
Druckfestigkeit	$f_{c,0,k}$	26.50	N/mm^2		
Querdruckfestigkeit	$f_{c,90,k}$	3.00	N/mm^2		
Schubfestigkeit	$f_{v,k}$	3.50	N/mm^2		
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.300			Tab. 2.3
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.900			Tab. 3.1
Biegefestigkeit	$f_{m,d}$	18.83	N/mm^2	11.3(NA6)	Gl. (2.14)
Druckfestigkeit	$f_{c,0,d}$	15.59	N/mm^2	11.3(NA6)	Gl. (2.14)
Querdruckfestigkeit	$f_{c,90,d}$	2.08	N/mm^2		Gl. (2.14)
Schubfestigkeit	$f_{v,d}$	2.42	N/mm^2		Gl. (2.14)
Querdruckfestigkeit unter α	$f_{c,\alpha,d}$	12.47	N/mm^2		Gl. (NA.152)
Normalspannung	$\sigma_{c,0,dS}$	0.49	N/mm^2		
Biegespannung	$\sigma_{m,dS}$	8.59	N/mm^2		
Nachweis 1	η_1	0.65		≤ 1	Gl. (NA.147)
Normalspannung	$\sigma_{c,0,dR}$	0.43	N/mm^2		
Biegespannung	$\sigma_{m,dR}$	8.50	N/mm^2		
Nachweis 2	η_2	0.64		≤ 1	Gl. (NA.147)
Nachweis	η	0.65		≤ 1	Gl. (NA.147)

Bild 13.19: Nachweis der Keilzinkenverbindung

13.3.3 Weitere Ergebnismasken

Die übrigen Ergebnismasken und die Dokumentation im Ausdruckprotokoll decken sich weitgehend mit denen der Beispiele, die in den Kapiteln 10 und 11 vorgestellt wurden.



14. Pfette

Module
RX-HOLZ
BSH
DLT
Stütze
Rahmen
Pfette
Verband

Dieses Beispiel stellt die Tragfähigkeitsnachweise einer Koppelpfette mit unregelmäßigen Feldabständen vor. Die Bemessung erfolgt nach EN 1995-1-1:2004-11 mit Nationalem Anhang ÖNORM B 1995-1-1:2009-07.

Die Modelldaten sind im Modell *01.pft* des Projekts *Beispiele RX-HOLZ* abgelegt. Sie ist unter den Beispieldateien des Programms **Pfette** zu finden.

14.1 System und Belastung

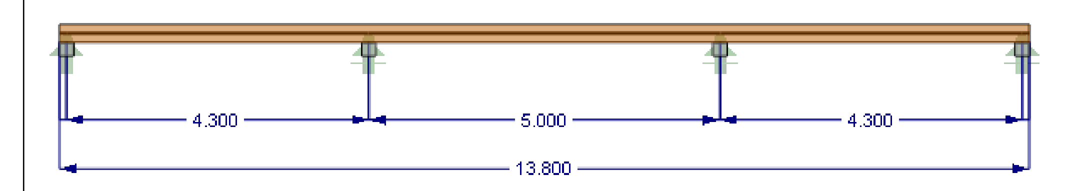


Bild 14.1: System

Modell

Querschnitt:	b/d = 14/26 cm	
Material:	Nadelholz C24	
Feldlängen:	$l_1 = l_3 = 4{,}30$m	$l_2 = 5{,}00$m
Dachneigung:	6,0°	
Pfettenachse:	geneigt in Dachebene	
Kopplung:	Nagelverbindung d = 8 mm, l = 280 mm gemäß Bild 14.2	

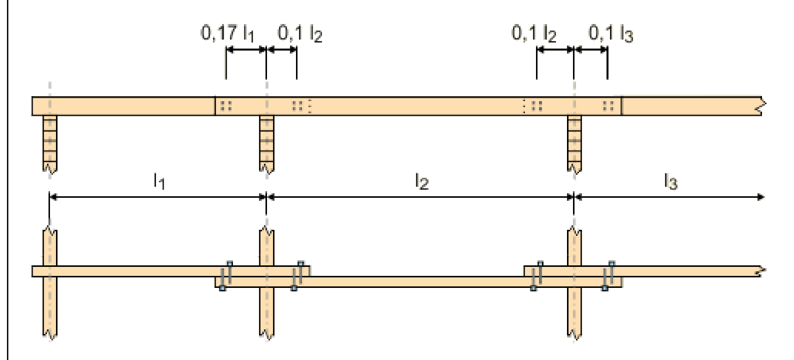


Bild 14.2: Pfettenverbindungsschema

Belastung

Lastfall 1: Eigengewicht und Aufbau	g = 1,6 kN/m	KLED = ständig
Lastfall 2: Schneelast	SZ 2, 400 m	KLED = kurz
Lastfall 3: Windlast	Geländekategorie II	KLED = kurz

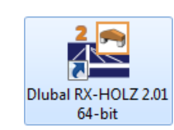
Die Schnee- und Windlasten werden automatisch von den integrierten Lastgenerierern ermittelt.

Die Einwirkungen sind für den Nachweis der Tragfähigkeit gemäß EN 1990 und EN 1995 mit Nationalem Anhang für Österreich zu kombinieren.



14.2 Eingabe der Modelldaten

14.2.1 Basisangaben



Starten Sie das Programm über das Icon **Dlubal RX-HOLZ 2.xx** (siehe Kapitel 3.2, Seite 12) und wählen dann im Projektmanager das Programm **Pfette**.

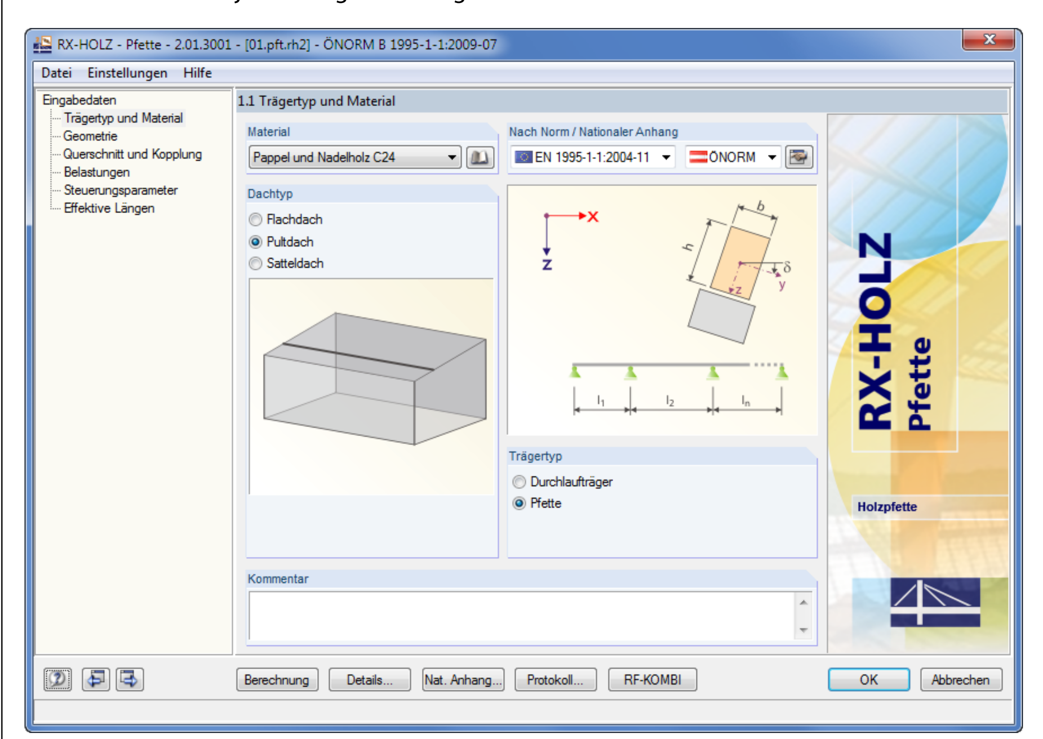


Bild 14.3: Maske 1.1 *Trägertyp und Material*

Als *Material* wählen wir **Pappel und Nadelholz** der Festigkeitsklasse **C24**.

Der *Dachtyp* stellt ein **Pultdach** dar. Der Träger soll nach der *Norm* **EN 1995-1-1:2004-11** und dem *Nationalen Anhang* gemäß **ÖNORM** bemessen werden.

Bei dem *Trägertyp* handelt es sich um eine **Pfette**. Diese Vorgabe steuert, ob in den folgenden Masken Gelenke oder Kopplungen zugelassen sind.



14.2.2 Geometrie

In der zweiten Maske sind die Anzahl der Felder, die Feldlängen sowie die Dachparameter und Lagerbedingungen der Pfette festzulegen.

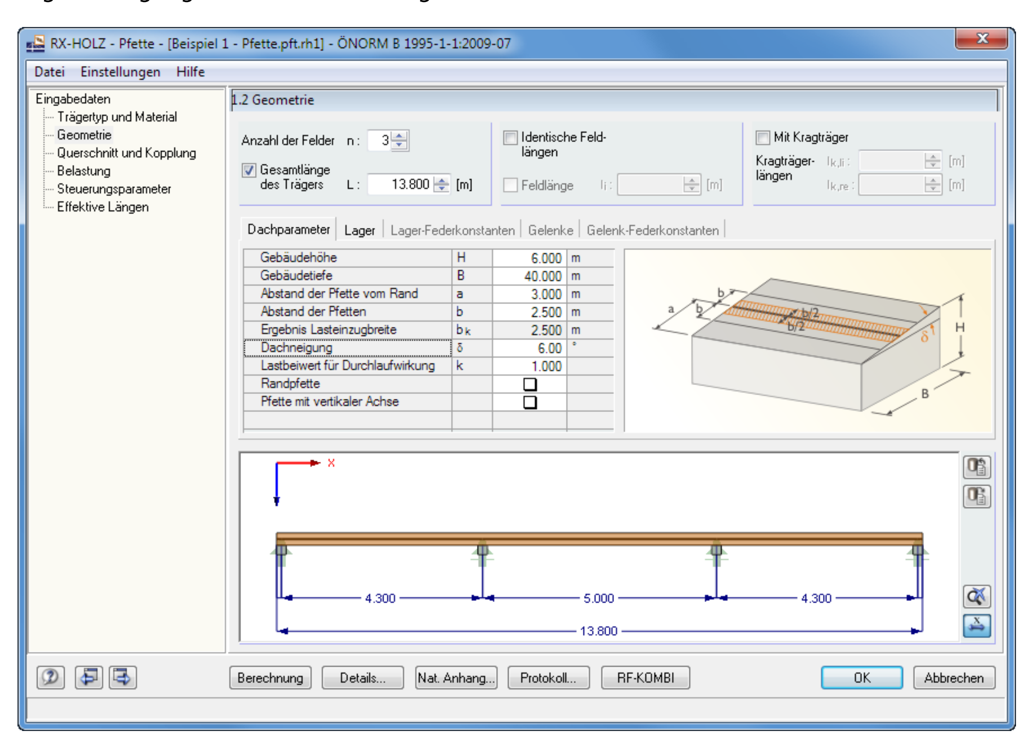
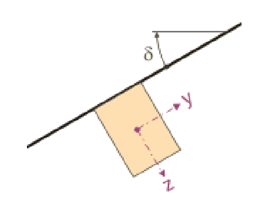


Bild 14.4: Maske 1.2 *Geometrie*, Register *Dachparameter*

Für unser Beispiel wählen wir:

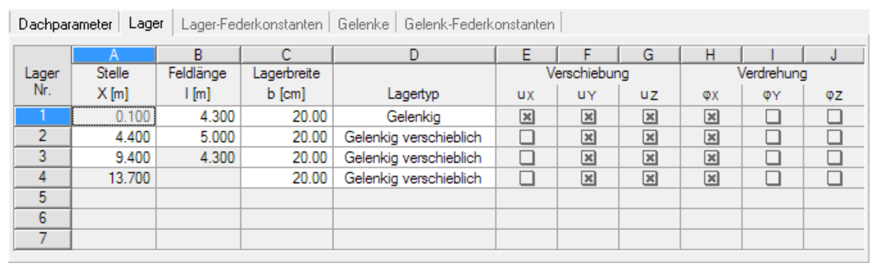
- *Anzahl der Felder n*: **3**
- *Gesamtlänge L*: **13,80 m**

Da die Feldlängen variieren, ist das Kontrollfeld *Identische Feldlängen* ggf. zu deaktivieren.



Im Register *Dachparameter* sind die Angaben wie im Bild oben gezeigt vorzunehmen. Die Achsen der Pfette sind an die Neigung des Daches von **6,0°** angepasst. Deshalb ist das Kontrollfeld *Pfette mit vertikaler Achse* zu deaktivieren.

Im zweiten Register *Lager* können dann die Feldlängen und Lagerbreiten festgelegt werden.



Dachparameter | Lager | Lager-Federkonstanten | Gelenke | Gelenk-Federkonstanten

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Lager Nr.	Stelle X [m]	Feldlänge l [m]	Lagerbreite b [cm]	Lagertyp	Verschiebung uX	uY	uZ	Verdrehung φX	φY	φZ
1	0.100	4.300	20.00	Gelenkig	☒	☒	☒	☒	☐	☐
2	4.400	5.000	20.00	Gelenkig verschieblich	☐	☒	☒	☒	☐	☐
3	9.400	4.300	20.00	Gelenkig verschieblich	☐	☒	☒	☒	☐	☐
4	13.700		20.00	Gelenkig verschieblich	☐	☒	☒	☒	☐	☐
5										
6										
7										

Bild 14.5: Maske 1.2 *Geometrie*, Register *Lager*

Die *Stelle X* ergibt sich jeweils aus der Feldlänge und Lagerbreite, die wie im Bild oben einzugeben sind. Am ersten Lager ist die Pfette in Längsrichtung gehalten; die übrigen Lager sind gelenkig und frei verschieblich in X.



14.2.3 Querschnitt und Kopplung

In der nächsten Maske sind die Querschnittsabmessungen, die Kopplungen und die Verbindungselemente zu definieren.

Rechteck 14/26
[cm]
14.00
26.00

Als *Querschnitt* wählen wir die *Abmessungen* **b = 14 cm** und **h = 26 cm**.

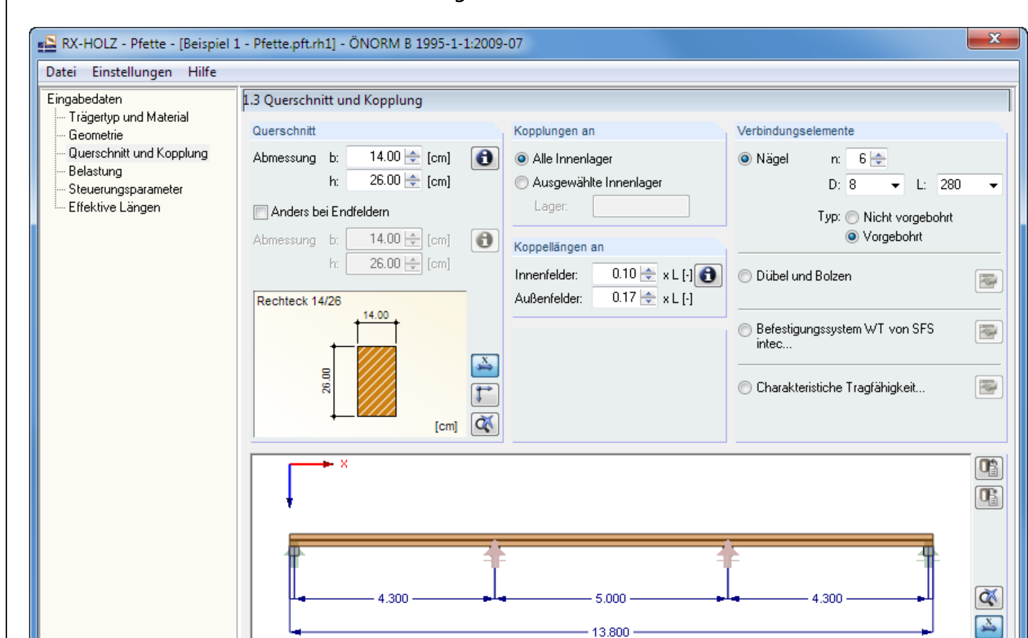


Bild 14.6: Maske 1.3 *Querschnitt und Kopplung*

Die *Kopplungen* sind für **Alle Innenlager** vorzusehen.

Die voreingestellten *Koppellängen* belassen wir unverändert. Über die [Info]-Schaltfläche kann das Verbindungsschema der Pfetten überprüft werden (siehe Bild 14.2, Seite 148).

Als *Verbindungselemente* sind **Nägel** vorgesehen:

- Anzahl *n*: **6**
- Durchmesser *D*: **8 mm**
- Länge *L*: **280 mm**
- *Typ*: **Vorgebohrt**



14.2.4 Belastungen

Diese Maske verwaltet die diversen Lastarten.

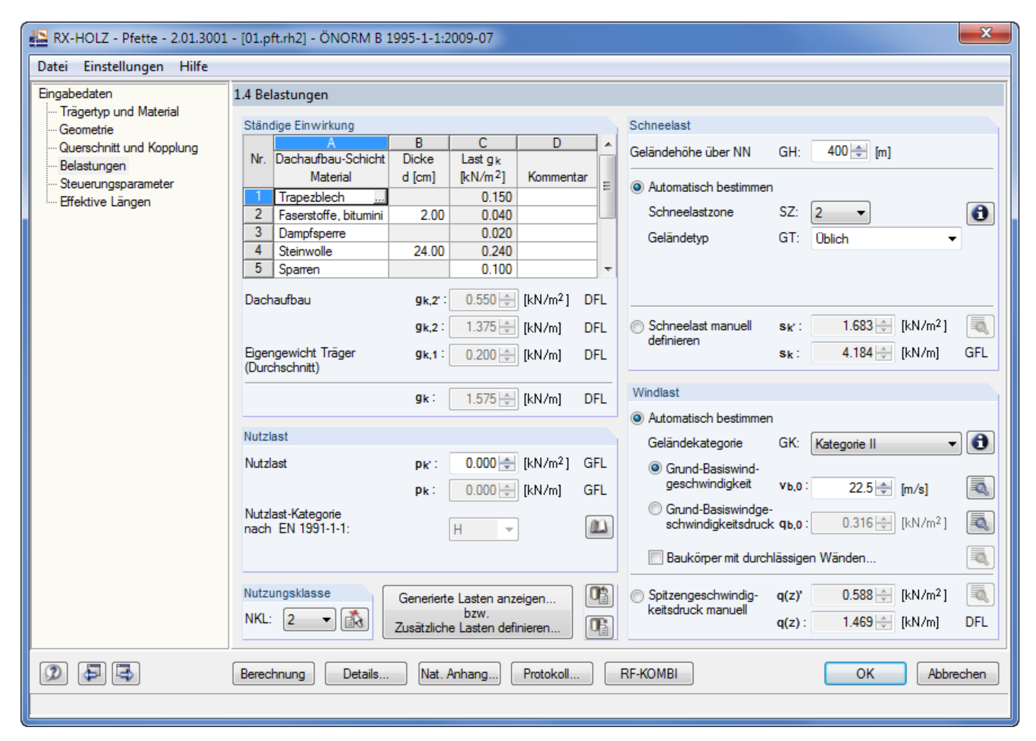


Bild 14.7: Maske 1.4 *Belastungen*



Die *Ständige Einwirkung* ist wie im Bild oben gezeigt einzugeben. Über die Schaltfläche [...] können die Materialien schnell in der Bibliothek ausgewählt werden.

In unserem Beispiel ist keine *Nutzlast* vorhanden.

Zur Eingabe der *Schneelast* legen wir die Geländehöhe mit **400 m** über NN fest und lassen dann die Last *Automatisch bestimmen*:

- *Schneelastzone SZ*: **2**
- *Geländekategorie GK*: **Üblich**



Die Schneelastzone kann über die [Info]-Schaltfläche auch grafisch in der Karte gewählt werden (siehe Bild 14.8).

Die *Windlast* lassen wir ebenfalls *Automatisch bestimmen*. Hierzu geben wir lediglich die **Geländekategorie II** vor.



Über die [Info]-Schaltfläche sind nähere Informationen zu den einzelnen Geländekategorien zugänglich.

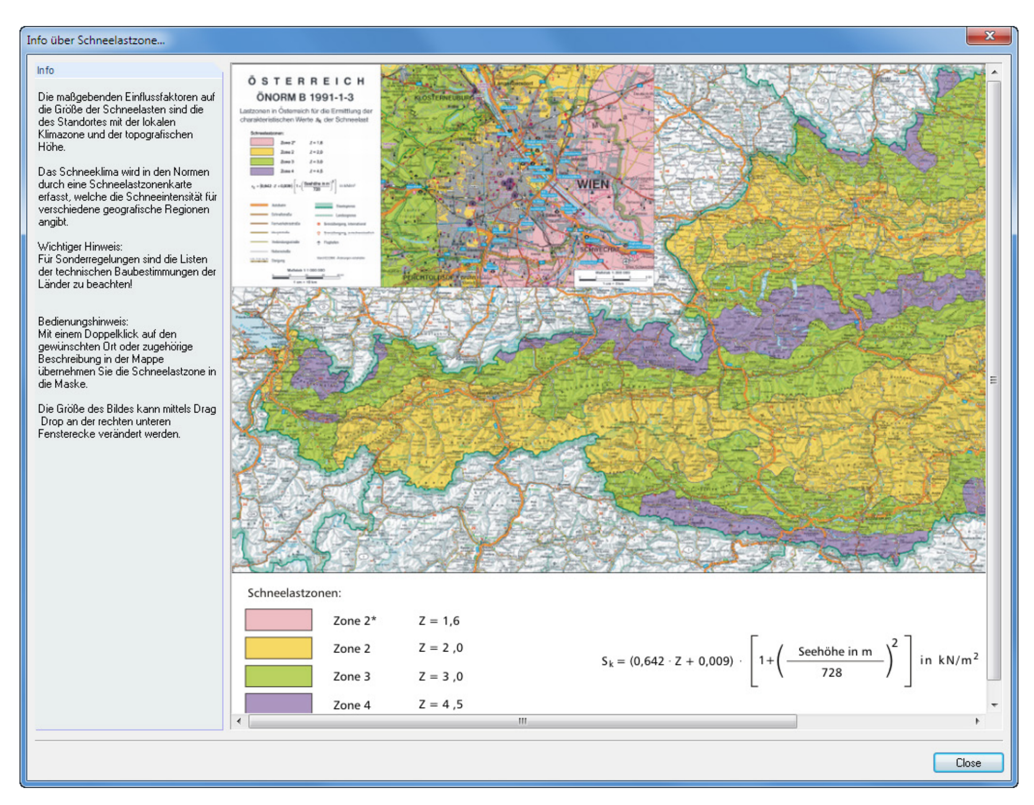


Bild 14.8: Schneelastzonenkarte für Österreich

Generierte Lasten anzeigen...
bzw.
Zusätzliche Lasten definieren...

Mit der Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen] wechseln wir in den Dialog *Lastfälle*, um die generierten Lasten zu betrachten.

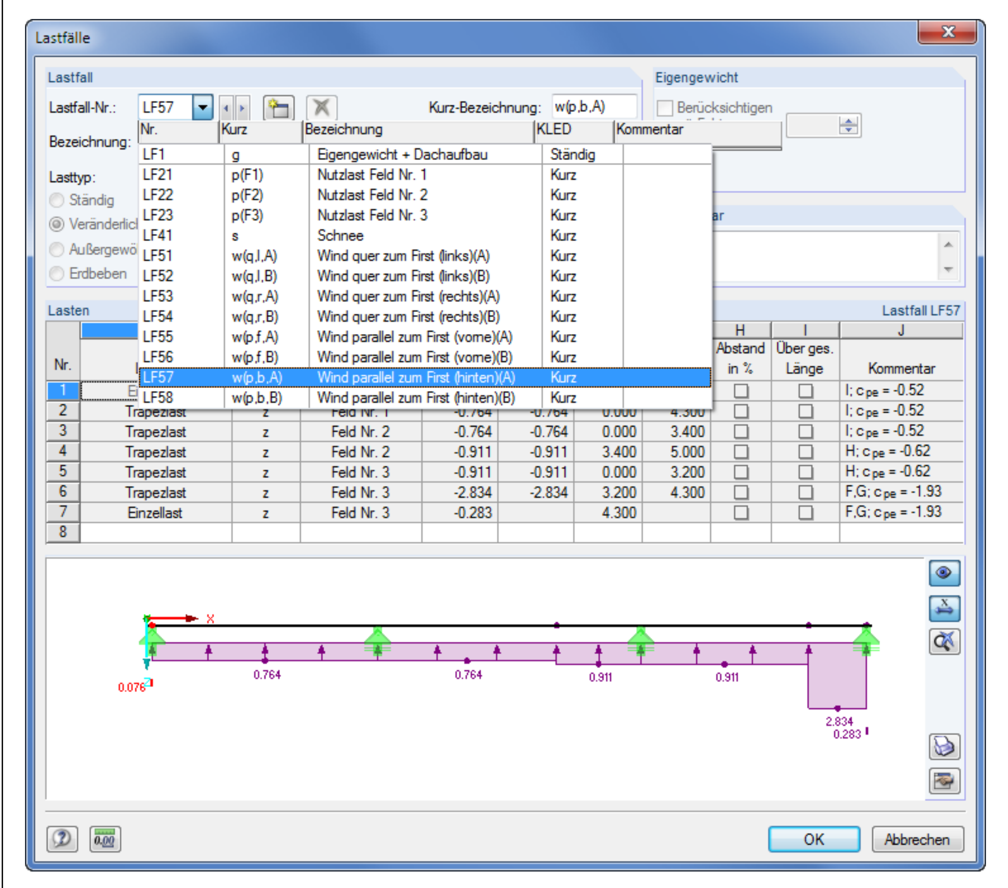


Bild 14.9: Dialog *Lastfälle*



14.2.5 Steuerungsparameter

In Maske 1.5 *Steuerungsparameter* legen wir fest, dass nur die **Tragfähigkeit** untersucht werden soll (der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist im Kapitel 11.4.4 auf Seite 122 beschrieben).

Im Abschnitt *Berechnungsparameter* ist die **Umlagerung der Momente** nach ÖNORM 1990 zu aktivieren. Wir belassen die Voreinstellung von 10%.

Wir setzen die Anzahl der *Stabteilungen* auf **20**.

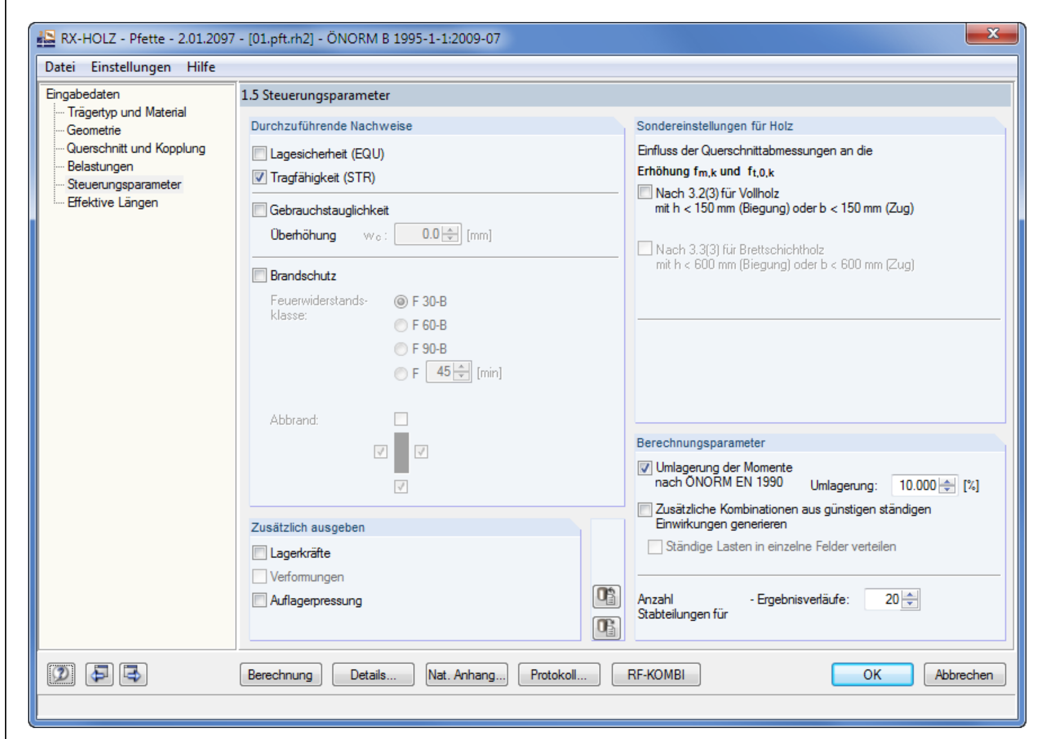


Bild 14.10: Maske 1.5 *Steuerungsparameter*

Die Schaltfläche [Nat. Anhang] ruft den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* auf. Dort können die für ÖNORM B 1995-1-1 voreingestellten Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerte eingesehen werden. Diese belassen wir unverändert.



14.2.6 Effektive Längen

Für das Beispiel nehmen wir den Faktor β auf der sicheren Seite liegend mit **1,0** an. Die Werte werden vom Programm automatisch voreingestellt, sodass in dieser Maske keine Änderungen erforderlich sind.

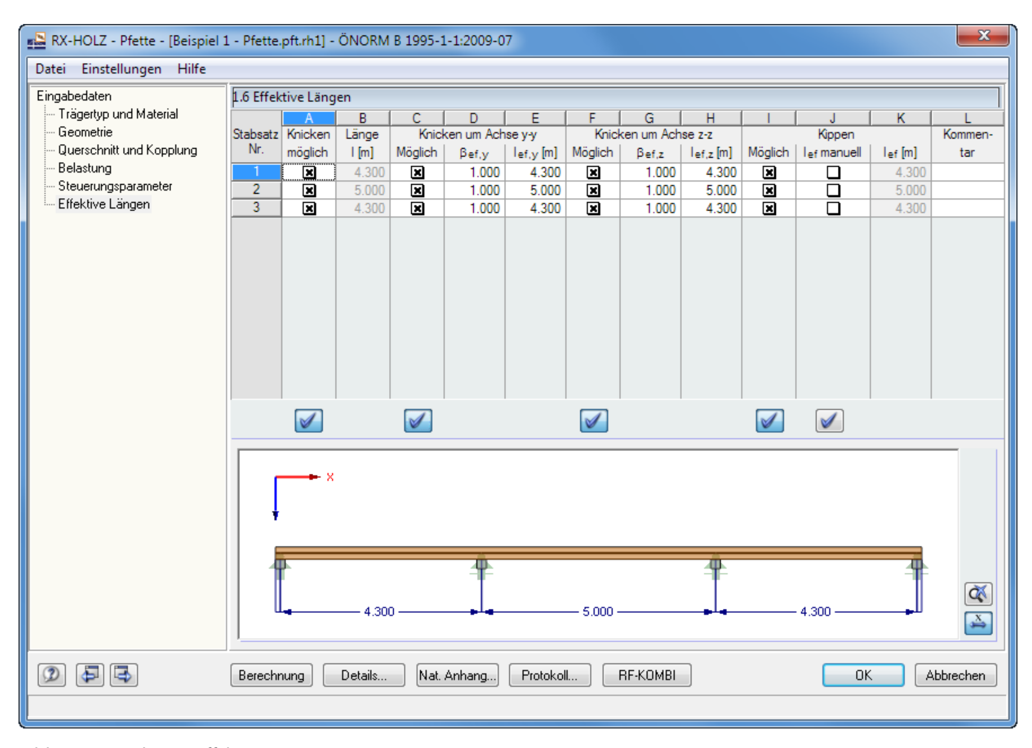


Bild 14.11: Maske 1.6 *Effektive Längen*

14.2.7 Details

Details...

Der Dialog [Details], der über die gleichnamige Schaltfläche zugänglich ist, steuert spezifische Bemessungsvorgaben.

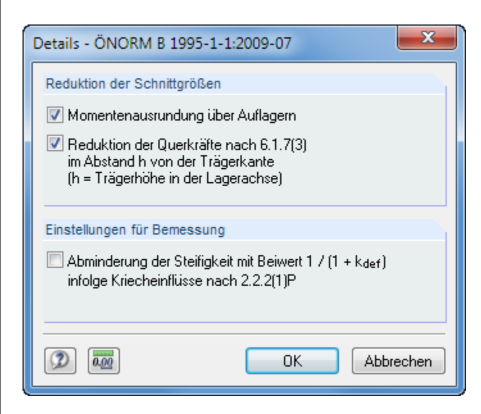


Bild 14.12: Dialog *Details*

In diesem Dialog aktivieren wir die beiden Optionen *Momentenausrundung über Auflagern* und *die Reduktion der Querkräfte*.



14.2.8 RF-KOMBI

RF-KOMBI

Über die Schaltfläche [RF-KOMBI] ist das in RX-HOLZ integrierte Modul RF-KOMBI zugänglich. Dort können die Kombinationen eingesehen werden, die im Hintergrund nach EN 1990 und EN 1995 generiert werden. Die Lastfälle werden automatisch kombiniert, sodass dieses Modul nicht extra aufgerufen werden braucht.

Wir betrachten die Maske 1.2 *Zuordnung der Lastfälle zu Einwirkungen*. Für das relativ einfache Beispiel werden die Einwirkungen und zugehörigen Klassen der Lasteinwirkungsdauer automatisch korrekt gebildet.

In der Einwirkung EW4 *Windlasten* sind die Lastfälle 51 bis 58 als alternativ wirkend zusammengefasst. Die Klasse der Lasteinwirkungsdauer ist als *Kurz* voreingestellt.

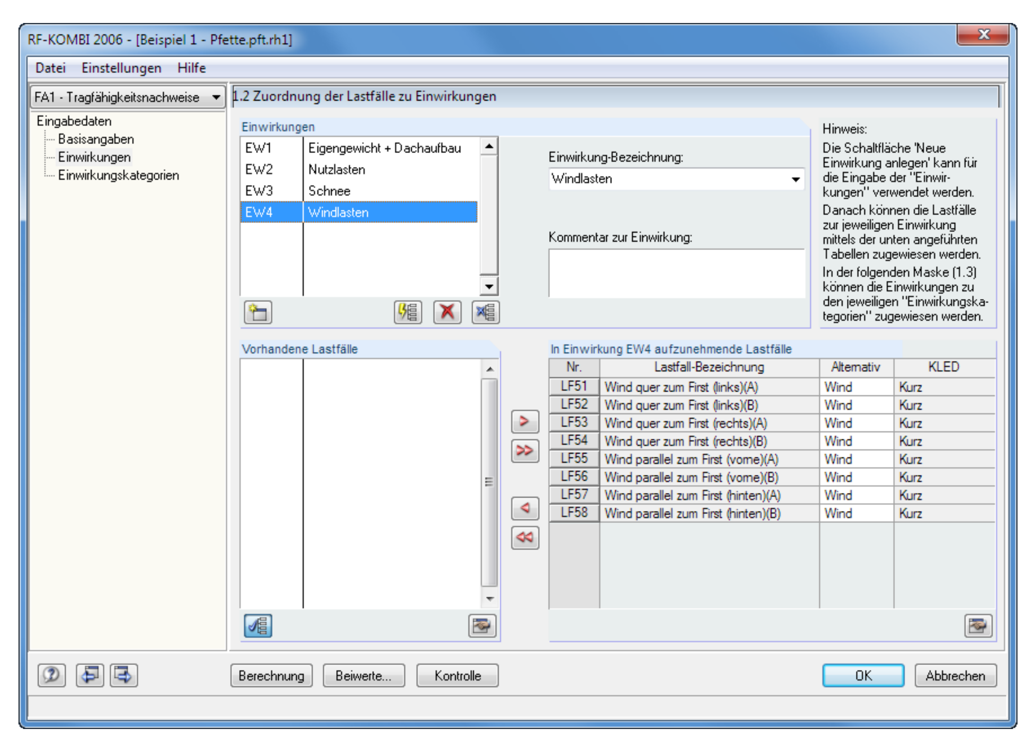


Bild 14.13: RF-KOMBI Maske 1.2: *Zuordnung der Lastfälle zu Einwirkungen*

Die Möglichkeiten von RF-KOMBI sind im Handbuch zu diesem Modul ausführlich beschrieben, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt. Mit [OK] erfolgt die Rückkehr zum Programm *Pfette*.



14.3 Ergebnisse

14.3.1 Ergebniskombinationen

Berechnung

Nach der [Berechnung] können in Maske 2.1 die Tragfähigkeitsnachweise für sämtliche Kombinationen mit den zugehörigen Auslastungen betrachtet werden.

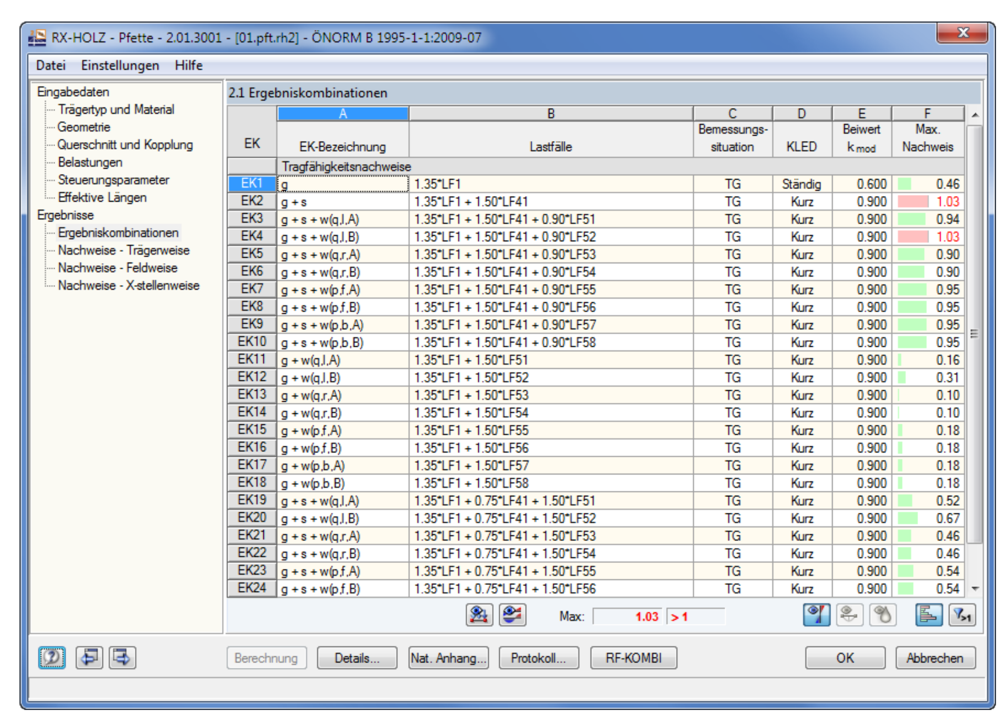


Bild 14.14: Maske 2.1 *Ergebniskombinationen*

14.3.2 Nachweise der Tragsicherheit

Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise* listet die maßgebenden Nachweise der Pfette auf.

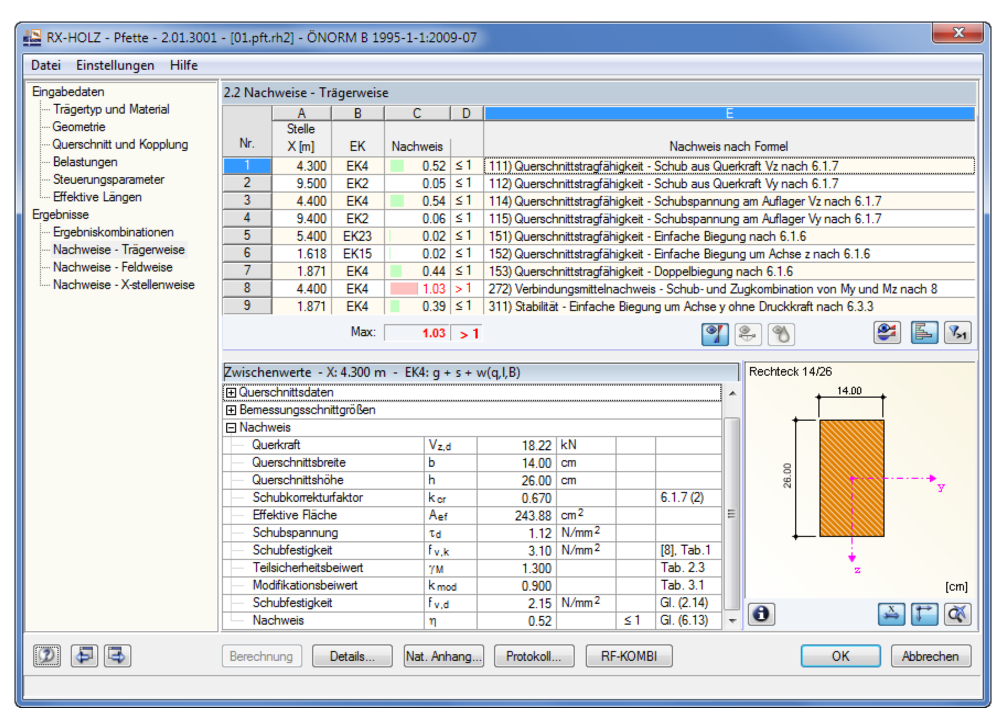


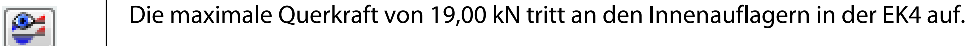
Bild 14.15: Maske 2.2 *Nachweise - Trägerweise*



Alle Beiwerte und Bemessungsschnittgrößen lassen sich interaktiv einsehen: Mit einem Klick auf einen Nachweis in der oberen Tabelle können die entsprechenden *Zwischenwerte* des Nachweises im Abschnitt unten betrachtet werden.

Die Ergebnisse von RX-HOLZ werden durch eine Handrechnung überprüft.

Schub aus Querkraft V_z nach 6.1.7



Die maximale Querkraft von 19,00 kN tritt an den Innenauflagern in der EK4 auf.

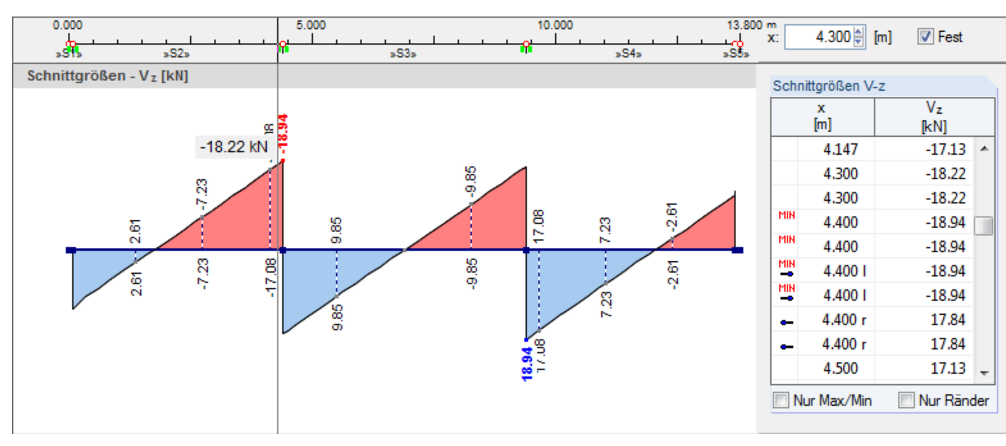


Bild 14.16: Verlauf der Querkraft V_z in EK4

Die Lagerbreite von 20 cm führt zu einer reduzierten Bemessungsquerkraft von 18,22 kN am Auflagerrand.

Schubspannung $$\tau_d = 1{,}5 \cdot \frac{V_d}{b_{ef} \cdot h} = 1{,}5 \cdot \frac{18{,}22\,\text{kN}}{9{,}6\,\text{cm} \cdot 26\,\text{cm}} = 0{,}11\ \text{kN/cm}^2 = 1{,}10\ \text{N/mm}^2$$

$$\text{mit}\quad b_{ef} = k_{cr} \cdot b = 0{,}67 \cdot 14\ \text{cm} = 9{,}6\ \text{cm}$$

Schubfestigkeit $$f_{v,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,k}}{\gamma_m} = \frac{0{,}9 \cdot 3{,}10\,\text{N/mm}^2}{1{,}3} = 2{,}15\ \text{N/mm}^2$$

Nachweis $$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} = \frac{1{,}10}{2{,}15} = 0{,}51 < 1$$



Doppelbiegung nach 6.1.6



Die maximale Beanspruchung liegt in der Mitte des ersten Feldes vor – ebenfalls in der EK4. In der folgenden Grafik der Ergebnisverläufe werden sowohl die rechnerischen Verläufe als auch die für die Bemessung reduzierten bzw. umgelagerten Momentenverläufe dargestellt.

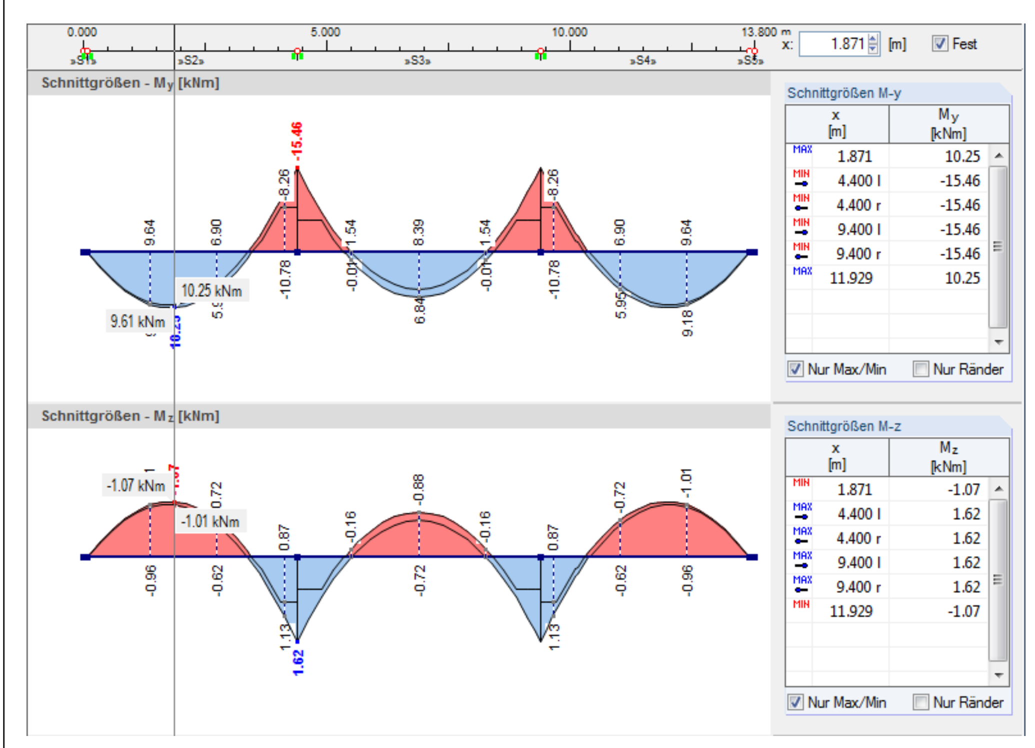


Bild 14.17: Verlauf der Momente M_y und M_z in EK4 mit Darstellung der ursprünglichen und der modifizierten Werte

Biegespannungen

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,d}}{W_y} = \frac{10{,}25\,\text{kNm} \cdot 10^6}{1577\,\text{cm}^3 \cdot 10^3} = 6{,}50\ \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{W_z} = \frac{1{,}07\,\text{kNm} \cdot 10^6}{849{,}3\,\text{cm}^3 \cdot 10^3} = 1{,}26\ \text{N/mm}^2$$

Biegefestigkeit

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0{,}9 \cdot \frac{24\,\text{N/mm}^2}{1{,}3} = 16{,}6\ \text{N/mm}^2$$

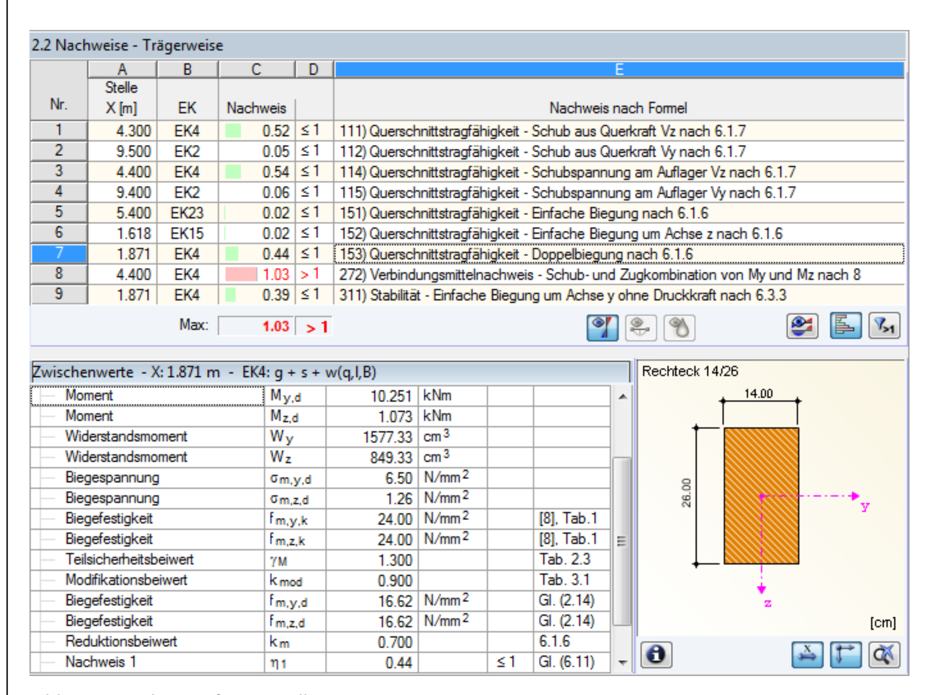
Nachweis

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = \frac{6{,}50}{16{,}6} + 0{,}7 \cdot \frac{1{,}26}{16{,}6} = 0{,}44$$

$$k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} = 0{,}7 \cdot \frac{6{,}50}{16{,}6} + \frac{1{,}26}{16{,}6} = 0{,}35$$

maßgebend: $0{,}44 < 1$





2.2 Nachweise - Trägerweise

Nr.	Stelle X [m]	EK	Nachweis		Nachweis nach Formel
1	4.300	EK4	0.52	≤ 1	111) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vz nach 6.1.7
2	9.500	EK2	0.05	≤ 1	112) Querschnittstragfähigkeit - Schub aus Querkraft Vy nach 6.1.7
3	4.400	EK4	0.54	≤ 1	114) Querschnittstragfähigkeit - Schubspannung am Auflager Vz nach 6.1.7
4	9.400	EK2	0.06	≤ 1	115) Querschnittstragfähigkeit - Schubspannung am Auflager Vy nach 6.1.7
5	5.400	EK23	0.02	≤ 1	151) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung nach 6.1.6
6	1.618	EK15	0.02	≤ 1	152) Querschnittstragfähigkeit - Einfache Biegung um Achse z nach 6.1.6
7	1.871	EK4	0.44	≤ 1	153) Querschnittstragfähigkeit - Doppelbiegung nach 6.1.6
8	4.400	EK4	1.03	> 1	272) Verbindungsmittelnachweis - Schub- und Zugkombination von My und Mz nach 8
9	1.871	EK4	0.39	≤ 1	311) Stabilität - Einfache Biegung um Achse y ohne Druckkraft nach 6.3.3
		Max:	1.03	> 1	

Zwischenwerte - X: 1.871 m - EK4: g + s + w(q,l,B)

Moment	$M_{y,d}$	10.251	kNm		
Moment	$M_{z,d}$	1.073	kNm		
Widerstandsmoment	W_y	1577.33	cm³		
Widerstandsmoment	W_z	849.33	cm³		
Biegespannung	$\sigma_{m,y,d}$	6.50	N/mm²		
Biegespannung	$\sigma_{m,z,d}$	1.26	N/mm²		
Biegefestigkeit	$f_{m,y,k}$	24.00	N/mm²		[8], Tab.1
Biegefestigkeit	$f_{m,z,k}$	24.00	N/mm²		[8], Tab.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.300			Tab. 2.3
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.900			Tab. 3.1
Biegefestigkeit	$f_{m,y,d}$	16.62	N/mm²		Gl. (2.14)
Biegefestigkeit	$f_{m,z,d}$	16.62	N/mm²		Gl. (2.14)
Reduktionsbeiwert	k_m	0.700			6.1.6
Nachweis 1	η_1	0.44		≤ 1	Gl. (6.11)

Bild 14.18: Nachweise für Doppelbiegung

Verbindungsmittel für Schub und Zug infolge Doppelbiegung nach 8.

Die Verbindungsmittel sind für beide Seiten der Überkopplung nachzuweisen. RX-HOLZ ermittelt das maximale Nachweiskriterium für die rechte Seite des ersten Zwischenauflagers. Maßgebend sind wiederum die Schnittgrößen der EK4.

Nachweis					
Linke Seite					
Bemessungsmoment	$M_{y,r}$	-5.88	kNm		
Bemessungsmoment	$M_{z,r}$	0.62	kNm		
Überkopplungslänge	u_l	0.731	m		
Bemessungskraft in Kopplung	$K_{z,l}$	8.05	kN		
Bemessungskraft in Kopplung	$K_{y,l}$	0.84	kN		
Kopplung					
Typ	Nägel				
Durchmesser	D	8.0	mm		
Länge	L	280.0	mm		
Öffnungstyp	Vorgebohrt				
Anzahl	n	6			
Charakteristische Beanspruchbarkeit	$F_{v,z,Rk}$	28.41	kN		
Charakteristische Beanspruchbarkeit	$F_{v,y,Rk}$	13.17	kN		
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.90			Tab. 3.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.30			Tab. 2.3
Bemessungsbeanspruchbarkeit	$F_{v,z,Rd}$	19.67	kN		
Bemessungsbeanspruchbarkeit	$F_{v,y,Rd}$	9.12	kN		
Nachweis Links		0.50		≤ 1	
Rechte Seite					
Bemessungsmoment	$M_{y,l}$	-8.26	kNm		
Bemessungsmoment	$M_{z,l}$	0.87	kNm		
Überkopplungslänge	u_r	0.500	m		
Bemessungskraft in Kopplung	$K_{z,r}$	16.52	kN		
Bemessungskraft in Kopplung	$K_{y,r}$	1.73	kN		
Kopplung					
Typ	Nägel				
Durchmesser	D	8.0	mm		
Länge	L	280.0	mm		
Öffnungstyp	Vorgebohrt				
Anzahl	n	6			
Charakteristische Beanspruchbarkeit	$F_{v,z,Rk}$	28.41	kN		
Charakteristische Beanspruchbarkeit	$F_{v,y,Rk}$	13.17	kN		
Modifikationsbeiwert	k_{mod}	0.90			Tab. 3.1
Teilsicherheitsbeiwert	γ_M	1.30			Tab. 2.3
Bemessungsbeanspruchbarkeit	$F_{v,z,Rd}$	19.67	kN		
Bemessungsbeanspruchbarkeit	$F_{v,y,Rd}$	9.12	kN		
Nachweis Rechts		1.03		> 1	
Nachweis	η	1.03		> 1	

Bild 14.19: Nachweis der Verbindungsmittel



Rechte Seite

Bemessungskraft in Kopplungen $K_{z,d} = \frac{M_{y,d}}{u} = \frac{8{,}26\,kNm}{0{,}5\,m} = 16{,}52\,kN$

$K_{y,d} = \frac{M_{z,d}}{u} = \frac{0{,}87\,kNm}{0{,}5\,m} = 1{,}73\,kN$

Schnitttragfähigkeit $F_{v,z,Rd} = n_{ef} \cdot F_{v,Rk} = 6 \cdot 4{,}734\,kN = 28{,}41\,kN$

$F_{v,y,Rd} = n_{ef} \cdot F_{ax,Rk} = 6 \cdot 2{,}195\,kN = 13{,}17\,kN$

mit Tragfähigkeit Nagel je Scherfuge nach Gl. (8.6) mit maßgebender Bedingung (f) (Anteil aus Seilwirkung wird in RX-HOLZ nicht angesetzt)

$$F_{v,Rk} = 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} =$$

$$= 1{,}15 \cdot \sqrt{2 \cdot 40115 \cdot 26{,}40 \cdot 8} \cdot 10^{-3} = 4{,}734\,kN$$

Ausziehwiderstand Nagel nach Gl. (8.23) mit maßgebender Bedingung (b)

$$F_{ax,Rk} = f_{head,k} \cdot d_h^2 = 8{,}58 \cdot 16^2 \cdot 10^{-3} = 2{,}195\,kN$$

Bemessungsschnitttragfähigkeit für Beanspruchung rechtwinklig zur Nagelachse

$$F_{v,z,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,z,Rk}}{\gamma_M} = 0{,}9 \cdot \frac{28{,}41\,kN}{1{,}3} = 19{,}67\,kN$$

$$F_{v,y,Rd} = k_{mod} \cdot \frac{F_{v,y,Rk}}{\gamma_M} = 0{,}9 \cdot \frac{13{,}17\,kN}{1{,}3} = 9{,}12\,kN$$

Nachweis $\frac{K_{z,d}}{F_{v,z,d}} + \frac{K_{y,d}}{F_{v,y,d}} = \frac{16{,}52}{19{,}67} + \frac{1{,}73}{9{,}12} = 1{,}03 > 1$

Stabilitätsnachweis für einfache Biegung ohne Druckkraft nach 6.3.3

Der Kippnachweis erfolgt für einfache Biegung um die Stabachse y.

Als maßgebende Stelle erweist sich die Mitte des dritten Feldes. Die Biegespannung an der Stelle X = 11,929 m beträgt 6,5 N/mm² (siehe Seite 159).

Schlankheitsgrad $\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{0{,}78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05}} = \sqrt{\frac{0{,}78 \cdot 140^2}{260 \cdot 4300} \cdot 7400} = 0{,}487$

Kippbeiwert $k_{crit} = 1{,}0$

Nachweis $\frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,y,d}} = \frac{6{,}5}{1{,}0 \cdot 16{,}62} = 0{,}39 > 1$

14.3.3 Weitere Ergebnismasken

Die übrigen Ergebnismasken und die Dokumentation im Ausdruckprotokoll decken sich weitgehend mit denen der Beispiele, die in den Kapiteln 10 und 11 vorgestellt wurden.



15. Verband

Module
RX-HOLZ
BSH
DLT
Stütze
Rahmen
Pfette
Verband

Auch das Programm RX-HOLZ Verband wird anhand eines Beispiels erläutert: Ein Aussteifungsverband soll den Fischbauchträger stabilisieren, der im Kapitel 10.2 vorgestellt ist.

Die Modelldaten sind im Modell *01.vrb* des Projekts *Beispiele RX-HOLZ* abgelegt. Sie ist unter den Beispieldateien des Programms **Verband** zu finden.

Der kurze Kragarm des Fischbauchträgers wird über eine Traufbohle konstruktiv ausgesteift; die hieraus resultierende Last wird direkt in das Auflager geleitet.

15.1 System und Belastung

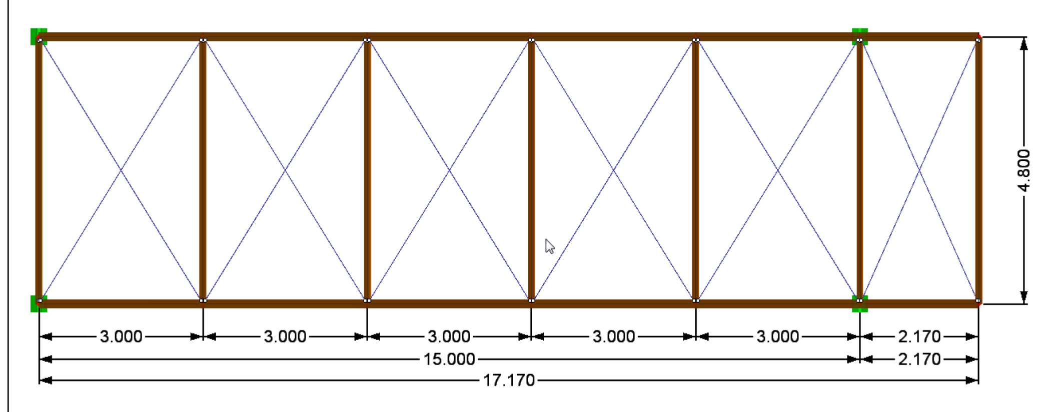


Bild 15.1: System

Modell

	Querschnitte	Material
Ober- / Untergurt	20/39 cm	GL 24c
Vertikalen	12/12 cm	C 24
Diagonalen	Rundstahl 20 mm	S 235

(Hinweis: Für den Gurt wird die Hälfte der Querschnittshöhe am Auflager verwendet.)

Dachform: Pultdach mit Kragarmen

Gebäudeabmessungen

Höhe: 6,0 m

Tiefe: 40,0 m

Geometrie

Verbandsbreite: 4,8 m

Länge: 15,0 m

Dachneigung: 5,0°

Kragarmlänge links: 0 m

Kragarmlänge rechts: 2,17 m

Innenfeldlänge: 3,0 m (im Grundriss)

Felderanzahl: 5



Belastung

Die zugehörige **Ersatzlast** wird direkt aus dem Fischbauchträger-Modell *08.gl* übernommen, das sich unter den Beispieldateien für das Modul *RX-HOLZ BSH* befindet.

Lastfall 1: Eigengewicht und Aufbau	q_g = 0,08 kN/m	KLED = ständig
Lastfall 41: Schneelast	q_s = 0,04 kN/m	KLED = kurz
Lastfall 56: Wind parallel zum First (A)	$q_{w(p,A)}$ = 0,04 kN/m	KLED = kurz
Lastfall 56: Wind parallel zum First (B)	$q_{w(p,B)}$ = 0,03 kN/m	KLED = kurz

Die Windlasten werden durch den integrierten Lastgenerierer ermittelt. Sie werden – auf der sicheren Seite liegend – nur auf dem Innenfeld des Verbands angesetzt.

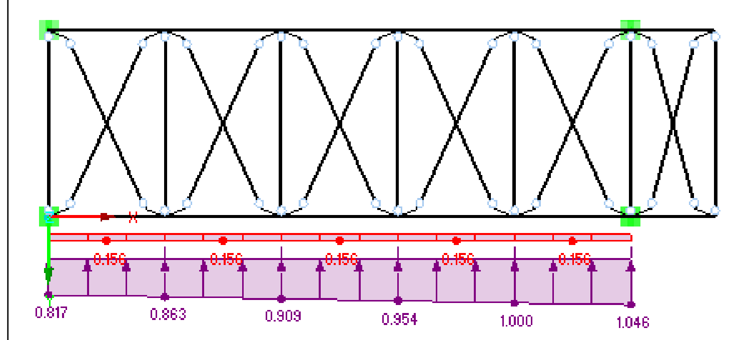


Bild 15.2: Windlast nur im Feld



Mit der Option *Verbandanzahl mehr als ein* (in Maske 1.7 *Belastungen*) werden die Windlasten „Druck auf Giebel“ (LF55) und „Sog auf Giebel“ (LF56) separat auf den vorderen bzw. hinteren Binder aufgebracht. Dabei werden automatisch zwei neue Lastfälle LF155 und LF156 angelegt.

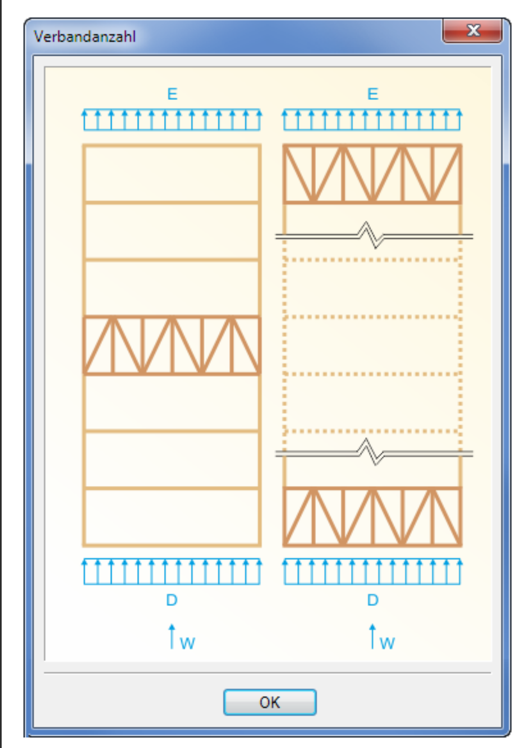


Bild 15.3: Verbandanzahl

Auch für andere Lastfälle werden automatisch gleiche Lastfälle mit umgekehrten Wirkrichtungen angelegt. Gerade bei ausfallenden Stahldiagonalen kann sich eine geänderte Lastrichtung u. U. auch positiv auswirken.



15.2 Eingabe der Modelldaten

15.2.1 Basisangaben

Dlubal RX-HOLZ 2.01
64-bit

Starten Sie das Programm über das Icon **Dlubal RX-HOLZ 2.xx** (siehe Kapitel 3.2, Seite 12) und wählen im Projektmanager das Programm **Verband**.

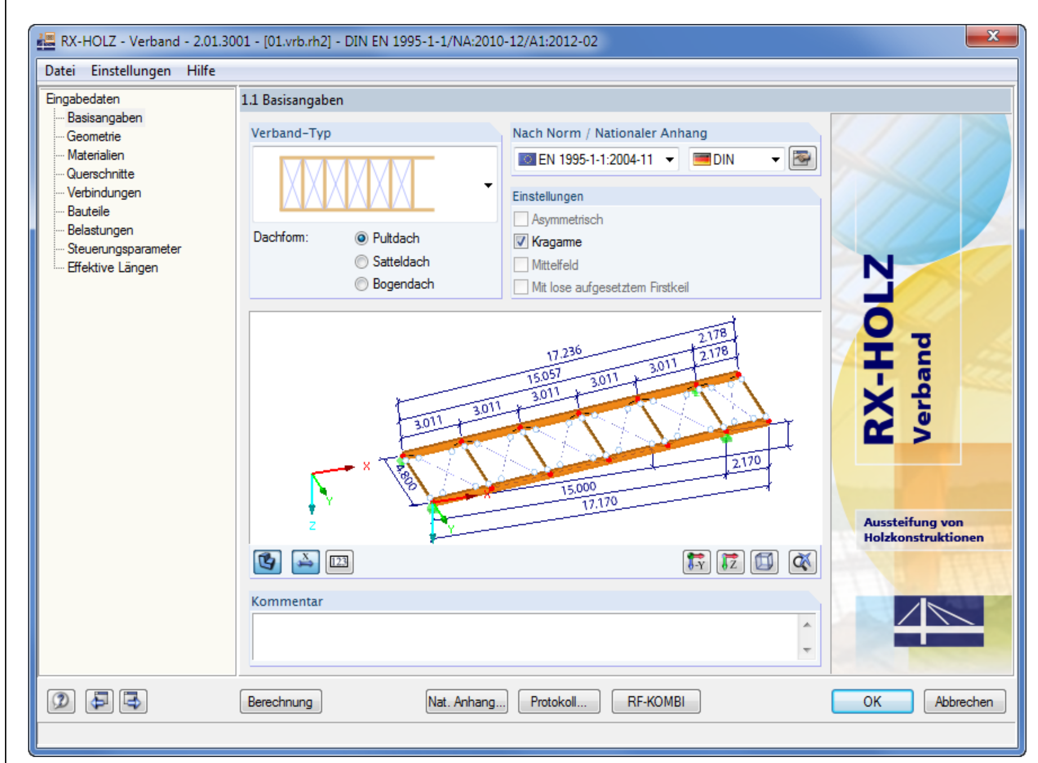


Bild 15.4: Maske 1.1 *Basisangaben*

Als *Dachform* wählen wir ein **Pultdach** mit **Kragarmen**.

Der Träger soll nach **DIN EN 1995-1-1** nachgewiesen werden.



Über die Schaltfläche [Bearbeiten] rufen wir den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* auf, um die Normeinstellungen zu überprüfen (siehe folgendes Bild).



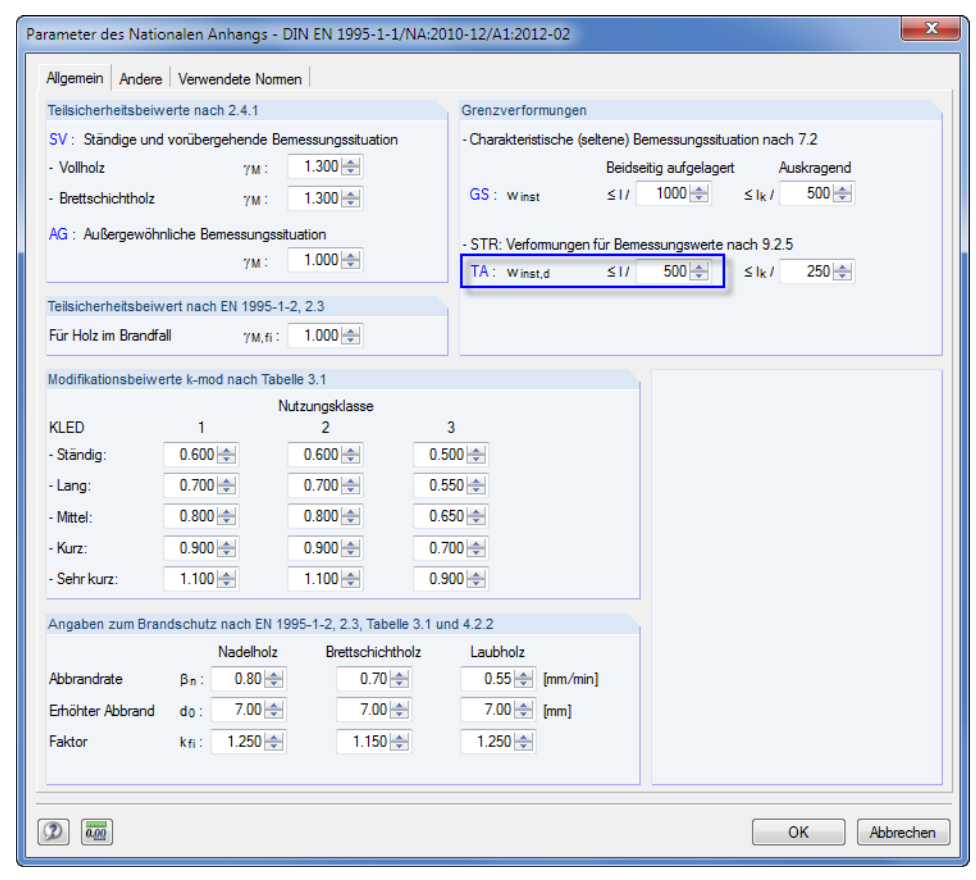


Bild 15.5: Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs - DIN EN 1995-1-1*

Gemäß Absatz 9.2.5 der DIN EN 1995-1-1 ist eine Verformungsberechnung bei Aussteifungsverbänden auch für den Nachweis der Tragfähigkeit zu führen, wenn kein genauerer Nachweis erfolgt. Im Abschnitt *Grenzverformungen* begrenzen wir die Verformungen auf **l/500**.

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ist eine Begrenzung von l/1000 voreingestellt. Gemäß Absatz 7.2 der Norm könnte hier auch mit l/200 oder ähnlichen Werten gerechnet werden. In diesem Fall ist der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit natürlich nicht mehr maßgebend, da hier die Mittelwerte der Steifigkeiten zur Berechnung der Verformungen verwendet werden. Bei der gebräuchlichen Einstellung von l/1000 als Grenzverformung sind aber dennoch Fälle denkbar, bei denen die Gebrauchstauglichkeitsbemessung maßgebend wird.

Um uns eine Vielzahl an Kombinationen zu ersparen, soll die Kombination der Lastfälle für die charakteristische seltene Situation mit sämtlichen Belastungen durchgeführt werden, sodass stets alle definierten Lastfälle kombiniert werden. Eine Aufteilung in die weiteren Nachweisformate der Norm ist dann nicht notwendig.



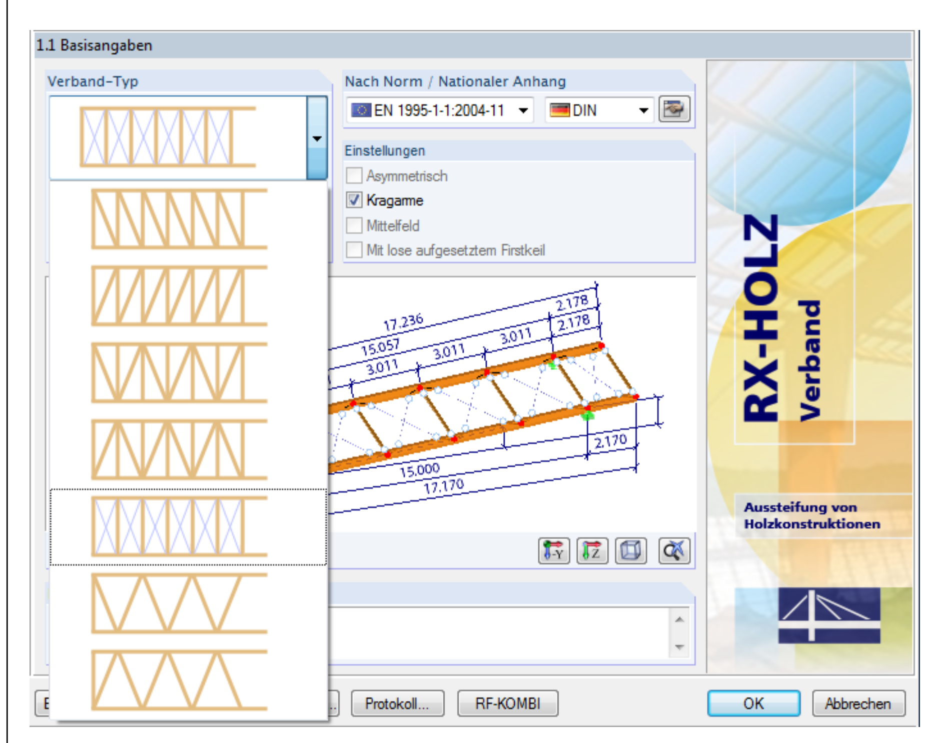


Bild 15.6: Maske 1.1 *Basisangaben*, Liste *Verband-Typ*

Wir legen den *Verband-Typ* über die Liste fest.

Die Variante mit Stahlzugbändern erfordert eine nichtlineare Berechnung. Daher werden bei diesem Verbandtyp automatisch Lastkombinationen gebildet. Die Berechnung erfolgt aber weiterhin nach Theorie I. Ordnung.

Die nichtlineare Berechnung berücksichtigt, dass ein Zugstab nicht mehr im System wirksam ist, wenn im Stab eine Druckkraft auftritt. In den folgenden Iterationsschritten wird das Modell dann ohne diesen Zugstab berechnet.

Da die Stahlzugbänder auch Biegemomente außerhalb der Ebene abtragen können, handelt es sich dabei genaugenommen um Balkenstäbe mit der Stabnichtlinearität „Ausfall bei Druck".

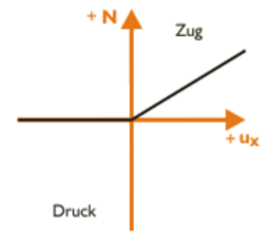


Bild 15.7: Ausfall auf Druck



15.2.2 Geometrie

In der zweiten Maske wird die Geometrie des Verbandes definiert.

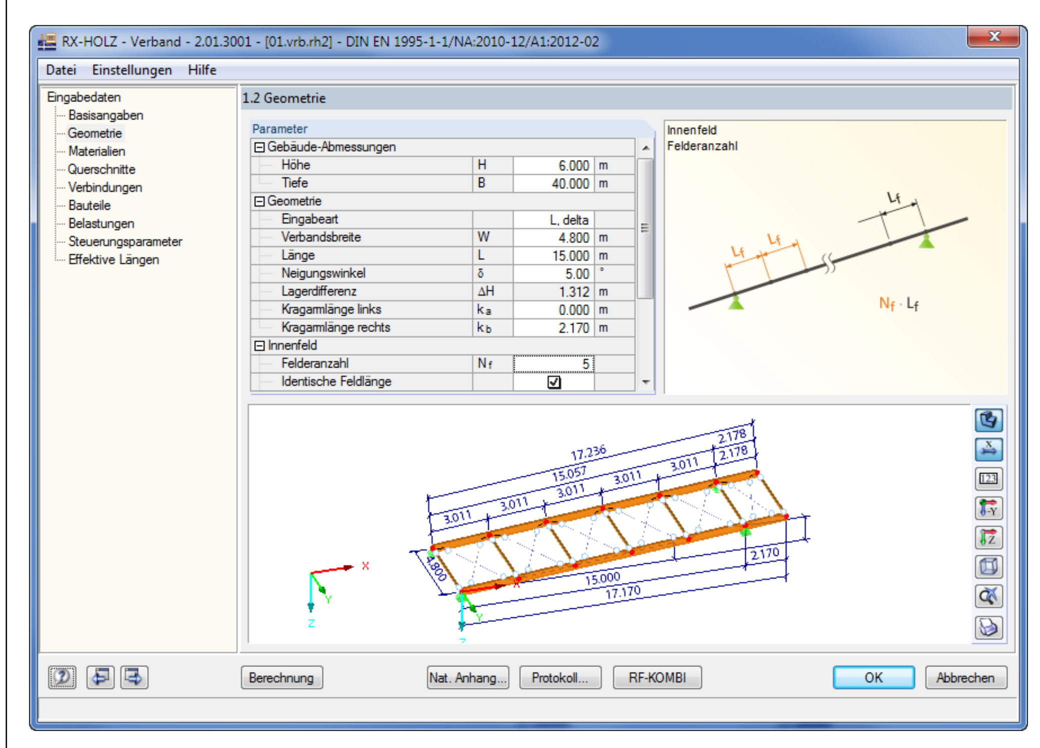


Bild 15.8: Maske 1.2 *Geometrie*

Die Geometrie-*Parameter* sind gemäß der Systembeschreibung auf Seite 162 einzugeben.

Um den Eingabeaufwand gering zu halten, haken wir die Kontrollfelder **Identische Feldlänge** und **Regelmäßige Diagonalen** an.

Wenn die Kontrollfelder nicht angehakt sind, können kreuzende, fallende und steigende Diagonalen in frei definierbaren Feldern beliebig kombiniert werden:

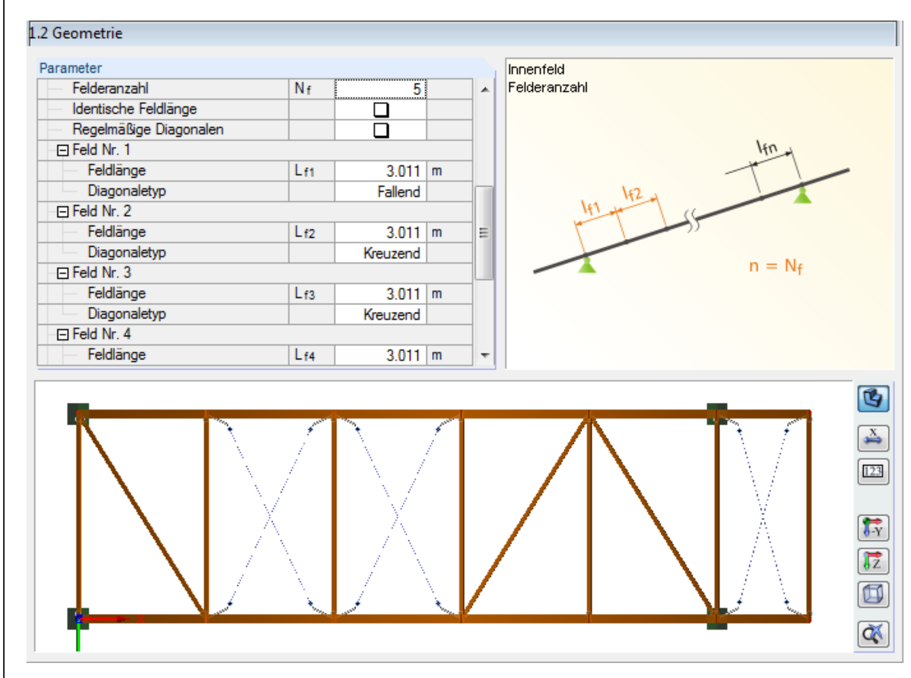


Bild 15.9: Abschnitt *Parameter* mit unterschiedlichen Diagonalentypen



15.2.3 Materialien

In Maske 1.3 sind die Materialien der Querschnitte zu definieren. Da bei Verbänden oft Stahl und Holz zum Einsatz kommen, ist in *Verband* die gesamte Palette der Stahlsorten verfügbar.

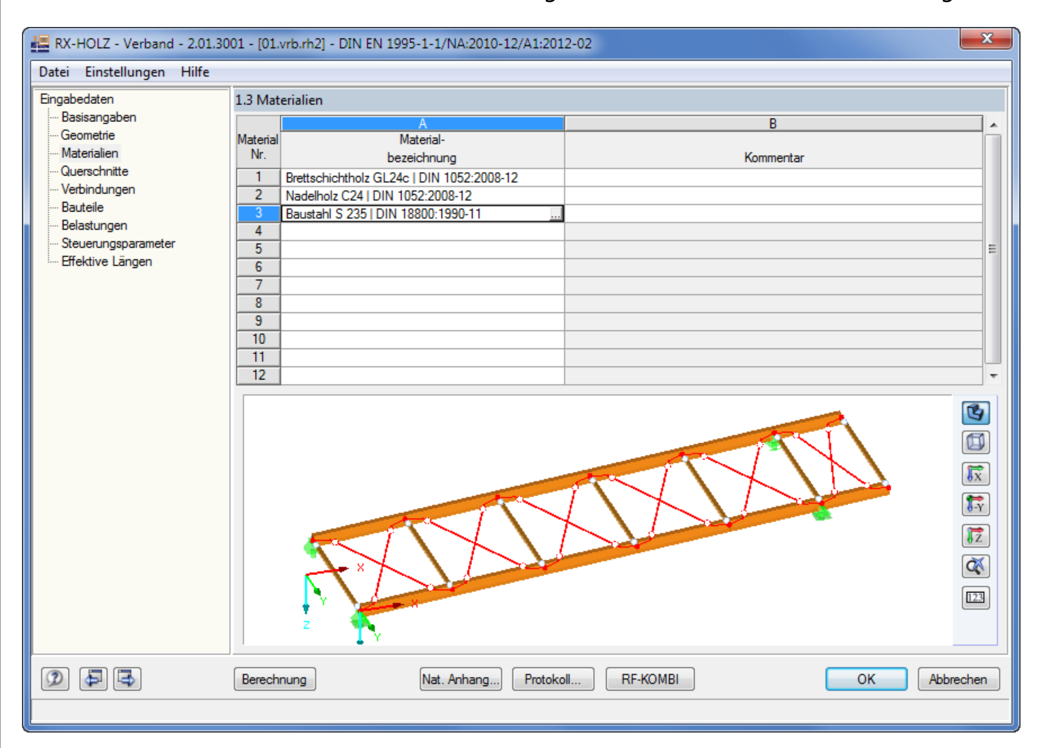


Bild 15.10: Maske 1.3 *Materialien*

Die Materialbibliothek ist über die Schaltfläche […] am Ende der Eingabezeile zugänglich.

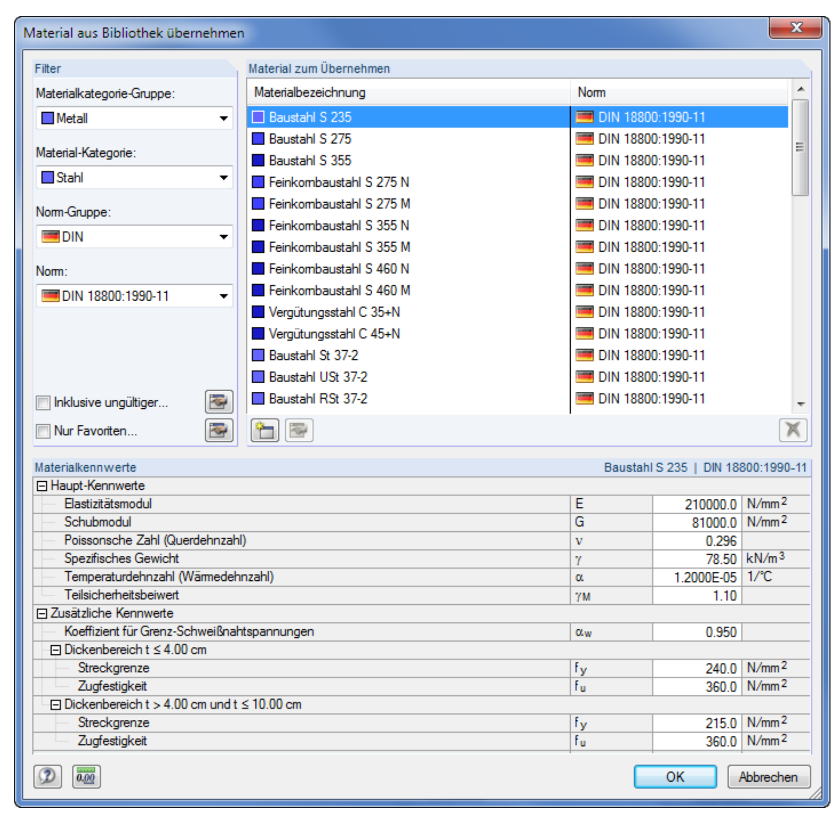


Bild 15.11: Materialbibliothek



15.2.4 Querschnitte

In Maske 1.4 *Querschnitte* können analog zur vorherigen Maske 1.3 die Querschnittstypen und Profilsorten in einer Bibliothek ausgewählt werden. Es ist auch möglich, die Querschnitte direkt in Spalte A einzutragen.

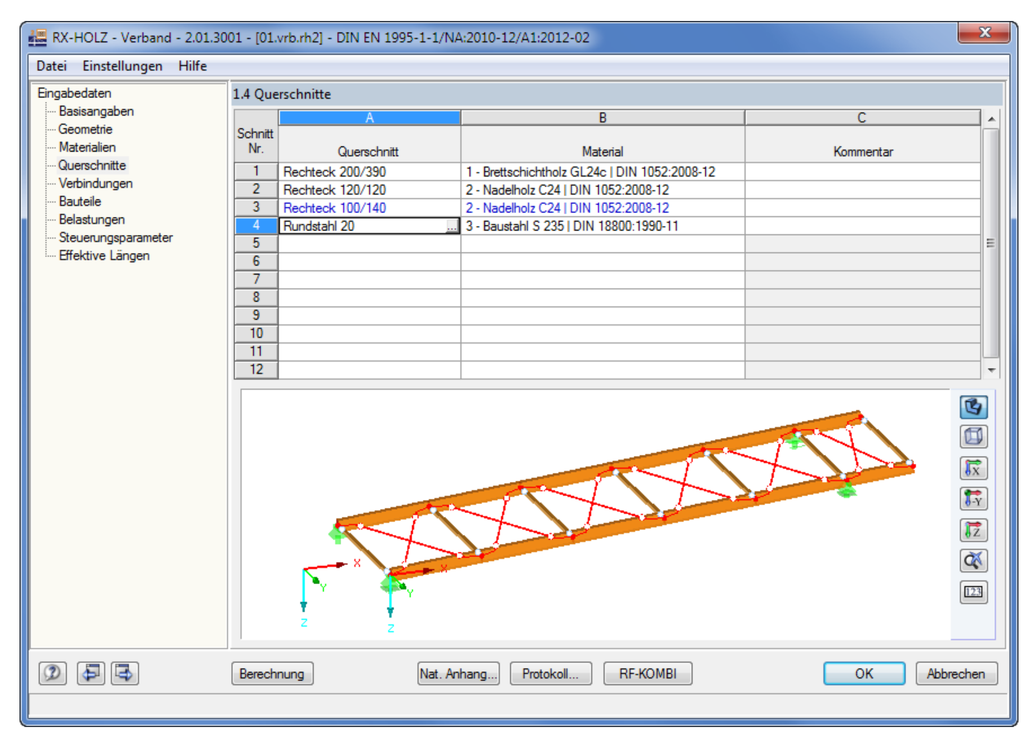


Bild 15.12: Maske 1.4 *Querschnitte*

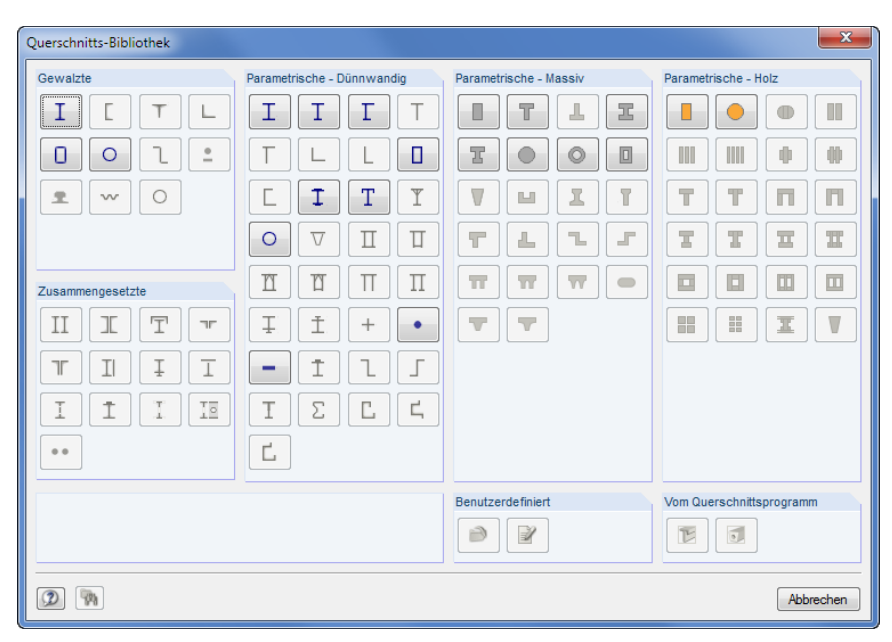


Bild 15.13: Querschnittsbibliothek

Unzulässige oder unlogische Querschnitte werden in Maske 1.4 rot gekennzeichnet.

Schnitt Nr.	A Querschnitt	B Material
1	Rechteck 200/390	1 - Brettschichtholz GL24c | DIN 1052:2008-12
2	Rechteck 200/200	3 - Baustahl S 235 | DIN 18800:1990-11

Bild 15.14: Kennzeichnung unzulässiger Querschnitte



15.2.5 Verbindungen

In Maske 1.5 können die Verbindungen getrennt für die Vertikalen, Diagonalen und die kreuzenden Diagonalen definiert werden.

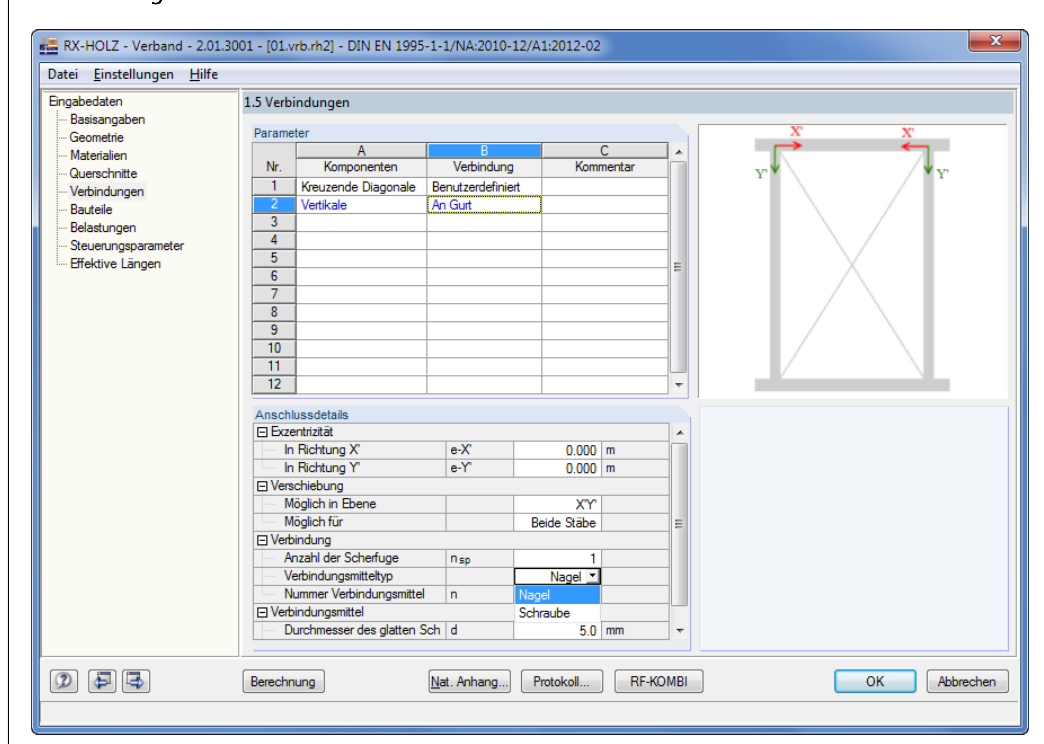


Bild 15.15: Maske 1.5 *Verbindungen*

In Spalte A *Komponenten* ist der Typ der Verbindung festzulegen.

In Spalte B kann ausgewählt werden, ob die Steifigkeiten *Benutzerdefiniert* angegeben oder vom Programm ermittelt werden sollen. Falls die Steifigkeiten berechnet werden sollen, steht eine Datenbank mit Verbindungsmitteln zur Verfügung. Dabei sind die Exzentrizitäten und die Anschlussgrößen manuell vorzugeben. Die Exzentrizitäten beziehen sich stets auf die Anfangsknoten des Feldes.

Für die **Kreuzende Diagonale** geben wir eine Exzentrizität von **0.500 m** in globale X'- und von **0.250 m** in globale Y'-Richtung vor. Die Weg- bzw. Drehfedersteifigkeiten belassen wir unverändert.

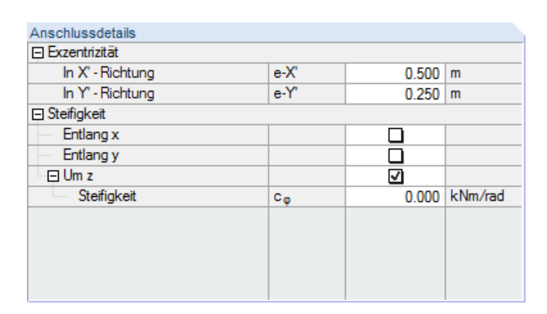


Bild 15.16: Benutzerdefinierte Eingabe der *Anschlussdetails*



Exkurs:

Ein Anschluss mit Durchsteckanker lässt sich auf verschiedene Weise modellieren.

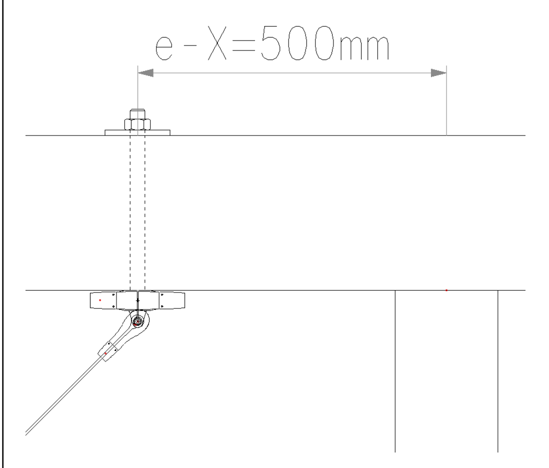


Bild 15.17: Detail Durchsteckanker

Dieser Anschluss kann prinzipiell über drei Varianten erfasst werden:

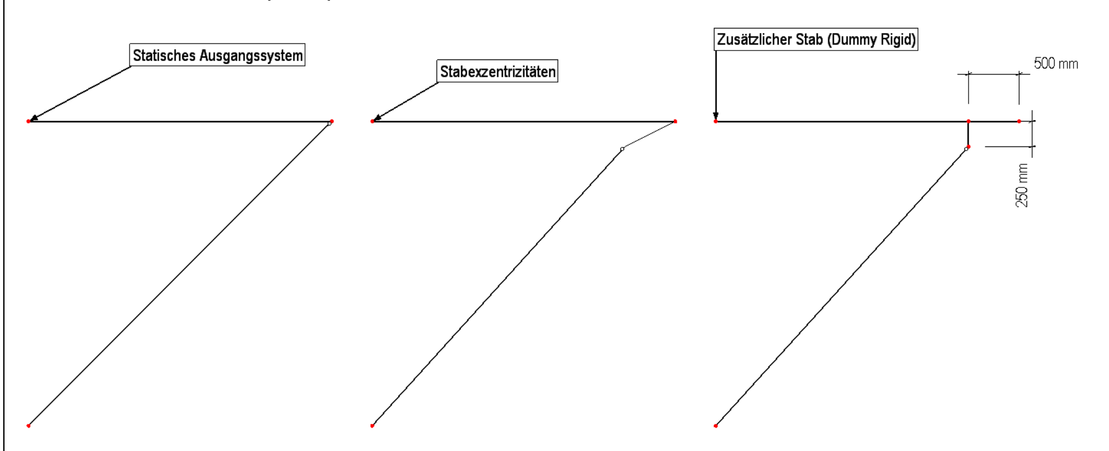


Bild 15.18: Modellierung der Exzentrizitäten

1. Es wird das statische Ausgangssystem von *RX-HOLZ Verband* ohne Berücksichtigung von Exzentrizitäten benutzt (einfachste Möglichkeit).
2. Es wird eine Stabexzentrizität für den Zugstab definiert.
3. Zur Modellierung der Exzentrizität wird ein neuer Stab mit sehr hoher Steifigkeit eingefügt.

Variante 3 liefert sehr realistische Ergebnisse (siehe folgendes Bild), ist jedoch mit einem hohen Aufwand verbunden. Diese Art der Modellierung ließe sich in RX-HOLZ nur sehr schwer umsetzen. Für eine praktikable und zügige Modellierung steht daher im Programm die Variante 2 zur Verfügung.

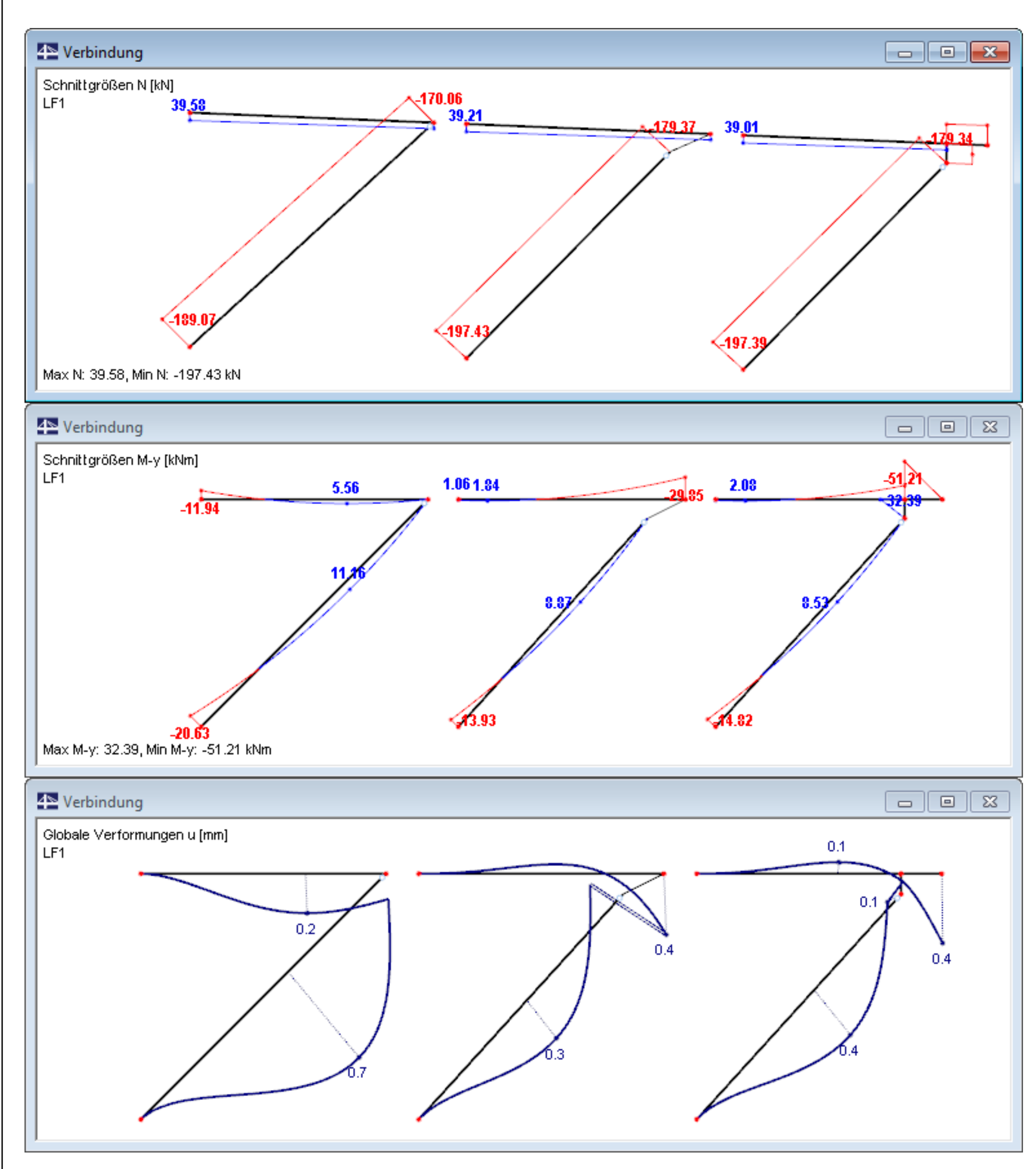


Bild 15.19: Schnittgrößen und Verformungen bei Varianten 1 bis 3 (von links nach rechts)

Wie das Bild zeigt, werden mit Variante 3 sehr realistische Ergebnisse erzielt. Variante 2 liefert ähnliche Ergebnisse, insbesondere hinsichtlich der für den Verband relevanten Verformungen. Bei Variante 1 weichen die Ergebnisse deutlich ab.



15.2.6 Bauteile

In Maske 1.6 *Bauteile* weisen wir die zuvor definierte Verbindung den Bauteilen zu.

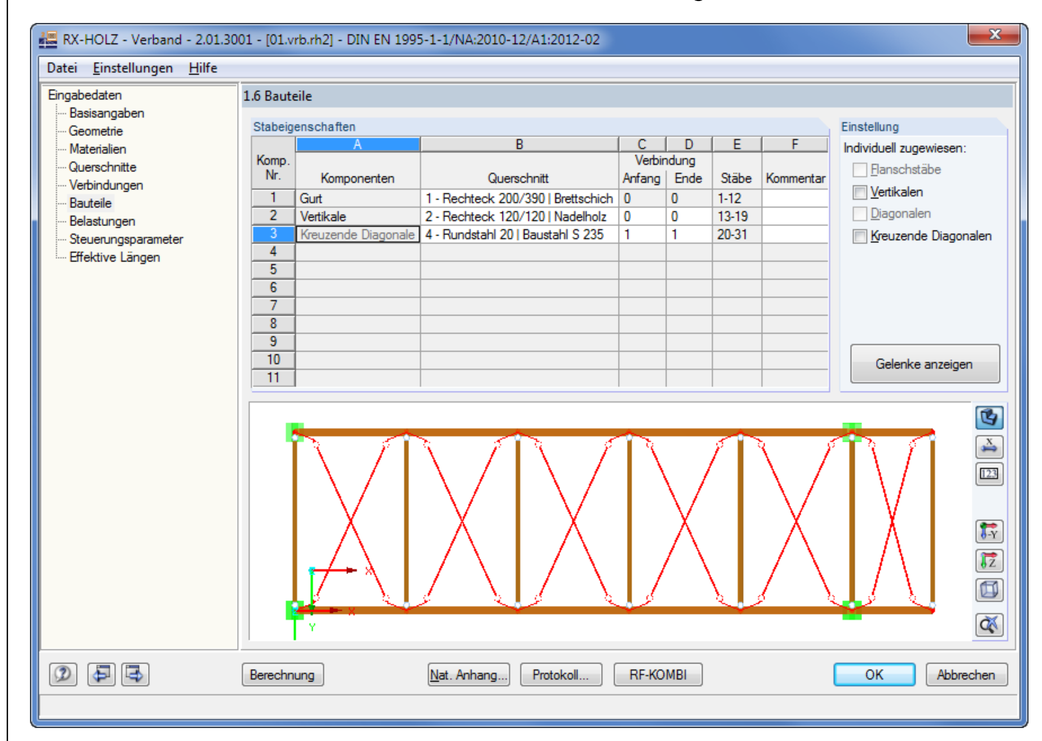


Bild 15.20: Maske 1.6 *Bauteile*

Für die kreuzenden Diagonalen wählen wir für den *Anfang* und das *Ende* der Stäbe die Verbindung **1** aus.

Soll die Exzentrizität eines Stabes individuell definiert werden, so kann im Abschnitt *Einstellung* jedem Stab eine eigene Verbindung zugewiesen werden. Wenn diese Kontrollfelder angehakt sind, könnte man auch jeden Querschnitt beliebig zuweisen (siehe folgendes Bild). Die Querschnitte sind vorher in Maske 1.4 *Querschnitte* zu definieren.

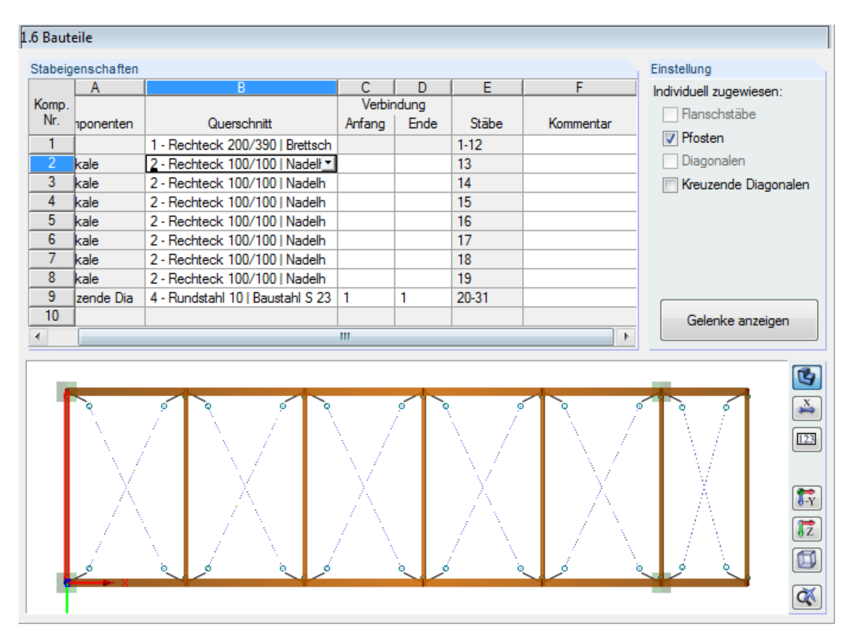


Bild 15.21: Bauteile individuell zuweisen

Die individuelle Modellierung ist jedoch mit einem hohen Modellierungsaufwand verbunden.



Gelenke anzeigen

Über die Schaltfläche [Gelenke anzeigen] lassen sich die Stäbe mit den definierten Exzentrizitäten und Steifigkeiten in Tabellenform anzeigen.

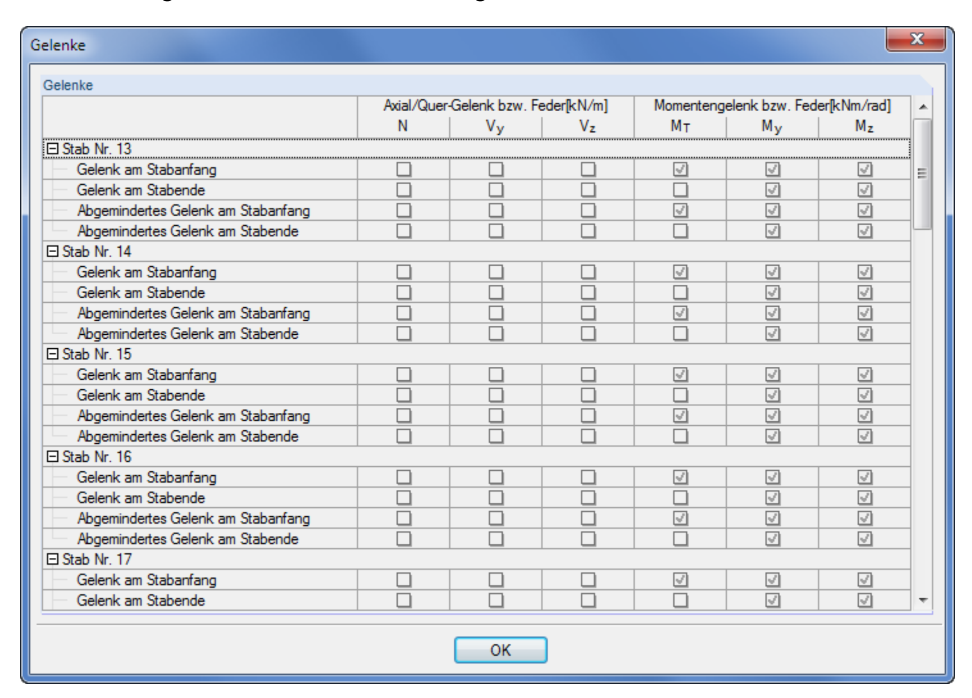


Bild 15.22: Dialog *Gelenke*

Schaltflächen für Grafik

In Maske 1.6 *Bauteile* sind – wie in allen Masken, die eine grafische Darstellung des Verbands bieten – am rechten Rand der Grafik mehrere Schaltflächen verfügbar (siehe Bild 15.21).



Im Rendering ist es schwer zu erkennen, ob das Gelenk dem richtigen Stabende zugewiesen wurde. Deshalb ist neben der fotorealistischen Ansicht eine auf die Schwerelinien reduzierte Modelldarstellung möglich. Im Drahtmodell werden die Stäbe als Linien angezeigt, sodass die Gelenke gut zu erkennen sind. Zwischen beiden Varianten kann über die [Darstellungsart]-Schaltfläche gewechselt werden.



Über die Schaltfläche [Bemaßungen] können die Maßlinien am Verband angezeigt werden.



Die Nummerierung der Knoten und Stäbe lässt sich über einen Klick auf die Schaltfläche [Nummerierung] ein- und ausblenden.



Die Ansicht des Trägers kann über die Schaltflächen [-Y] bzw. [Z] verändert werden. Die Grafik zeigt dann den Verband in die gewählte Ansichtsrichtung an.



Mit der links dargestellten Schaltfläche wird die isometrische Ansicht eingestellt.



Über die letzte Schaltfläche kann wieder das gesamte Modell angezeigt werden. Dies ist hilfreich, wenn eine stark vergrößerte Ausschnittdarstellung vorliegt, die über das Scrollrad der Maus möglich ist.



15.2.7 Belastungen

In Maske 1.7 *Belastungen* sind einige Einträge vorzunehmen.

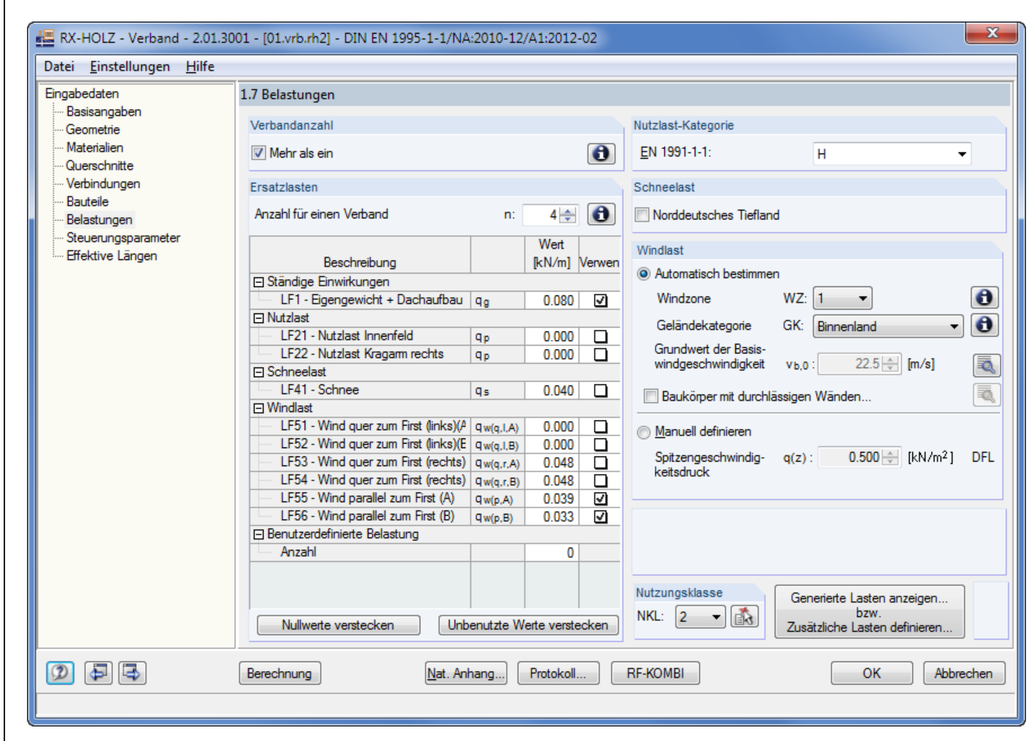


Bild 15.23: Maske 1.7 *Belastungen*

Im Abschnitt *Verbandanzahl* ist festzulegen, wie viele Verbände für die Aussteifung des Tragwerks sorgen. Für den Regelfall einer viereckigen Halle sollten die anströmenden Windlasten sinnvollerweise zwischen den Verbänden aufgeteilt werden. Daher haken wir das Kontrollfeld **Mehr als ein** an.

Bei der in Maske 1.2 definierten Hallengröße von 40 m müssen bei zwei Verbänden je vier Binder durch den Verband ausgesteift werden. Wir tragen daher im Abschnitt *Ersatzlasten* die Anzahl **4** ein.



Die Art der Lastaufbringung lässt sich über die [Info]-Schaltfläche verdeutlichen.

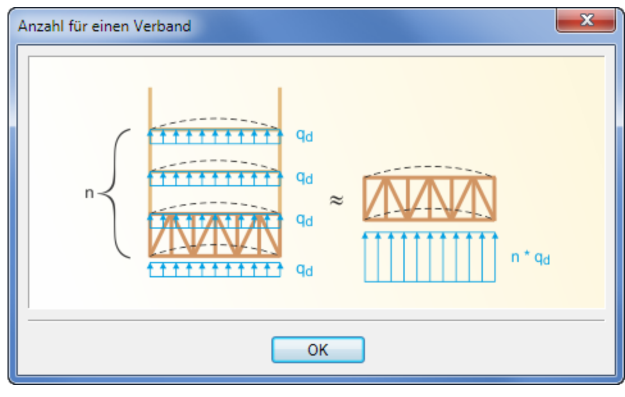


Bild 15.24: Dialog *Anzahl für einen Verband*



Im Abschnitt *Ersatzlasten* kann anhand eines Kontrollfeldes festgelegt werden, ob ein Lastfall für die automatischen Kombinationen verwendet werden soll. Diese Option ist besonders für benutzerdefinierte Lasten hilfreich, da diese Vorgabe nicht von RF-KOMBI überschrieben wird. Damit steuert der Anwender, welche Lastfälle verwendet werden sollen und welche nicht.

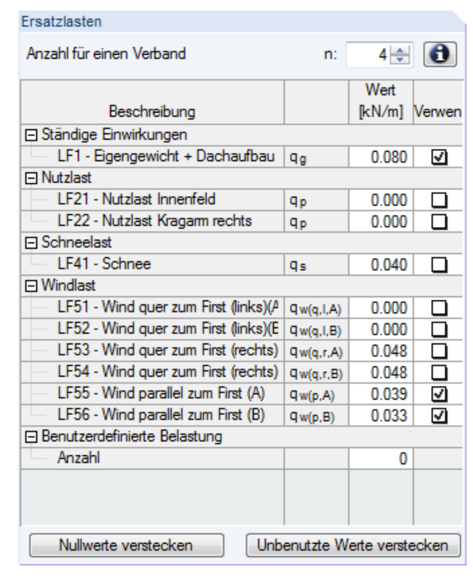


Bild 15.25: Abschnitt *Ersatzlasten*

Im Allgemeinen empfiehlt es sich, hier den Lastfall 1 und die anströmenden Windlasten auf den Giebel zu *Verwenden*. Diese führen in den meisten Fällen zu den maßgebenden Verformungen des Verbandes.

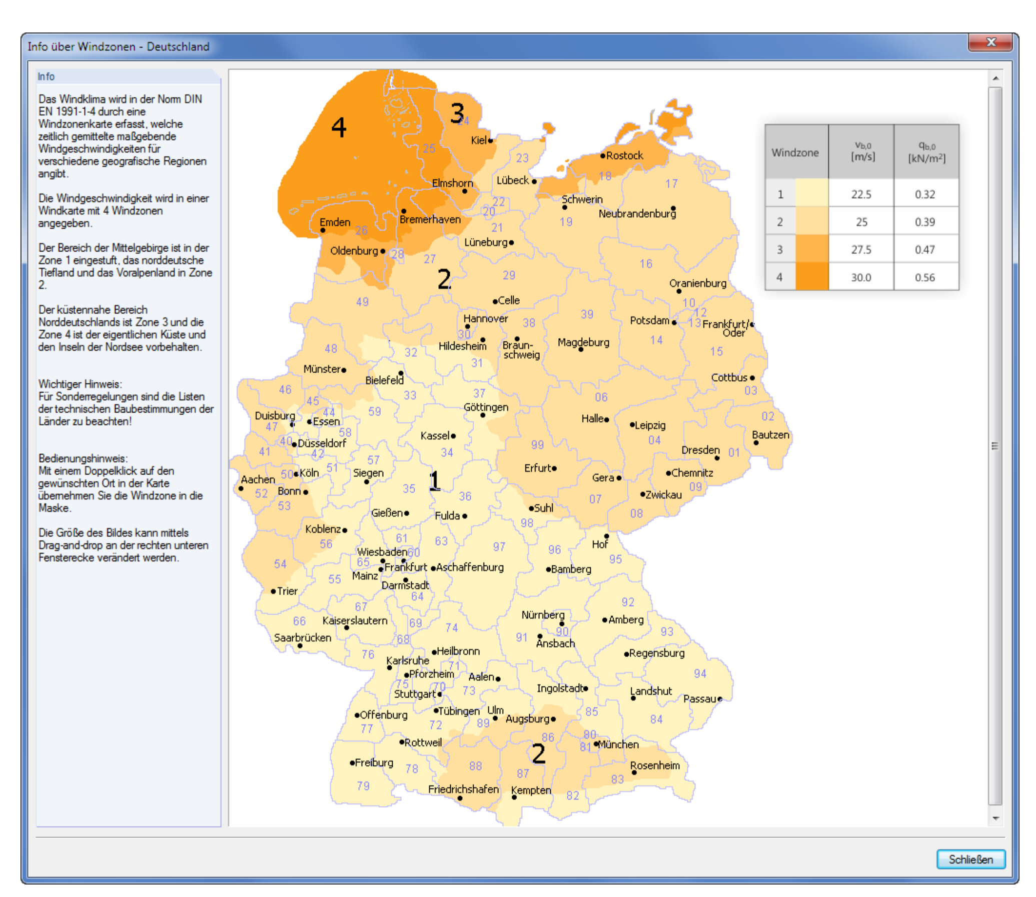
Über die Schaltflächen [Nullwerte verstecken] und [Unbenutzte Werte verstecken] können die nicht verwendeten Lasten ausgeblendet werden.

Des Weiteren ist in Maske 1.7 die Vorgabe der *Nutzlast-Kategorie* möglich, die die automatische Überlagerung beeinflusst. Beim Anhaken der Option *Norddeutsches Tiefland* für die Schneelast wird automatisch in RF-KOMBI eine außergewöhnliche Kombination angelegt. Es werden dann auch die Steifigkeiten der Gelenke und der Materialien mit den charakteristischen Steifigkeiten erneut berechnet.

Die Generierung der *Windlast* erfolgt wie in den anderen Programmen der RX-HOLZ-Familie automatisch; sie kann aber auch manuell definiert werden.



Über die [Info]-Schaltfläche wird die Windzonenkarte von Deutschland aufgerufen. Die gewünschte Zone lässt sich dann per Doppelklick übernehmen.



Windzone	$v_{b,0}$ [m/s]	$q_{b,0}$ [kN/m²]
1	22.5	0.32
2	25	0.39
3	27.5	0.47
4	30.0	0.56

Bild 15.26: Windzonenkarte für Deutschland

Die Windbelastung wird automatisch für die gewählte Dachneigung von 5° interpoliert. Gemäß DIN EN 1991-1-4 ergeben sich somit für den Druck- bzw. Sogbereich folgende Werte:

Böengeschwindigkeitsdruck Windzone1 $q(z)$	=	0,5 kN/m²
Außendruckbeiwert Bereich D $c_{pe,10}$	=	0,69 (interpoliert für 5° Dachneigung)
Außendruckbeiwert Bereich E $c_{pe,10}$	=	0,27 (interpoliert für 5° Dachneigung)
Winddruck $c_{pe} \cdot q(z) = w_{e,D}$	=	0,34 kN/m²
Windsog $c_{pe} \cdot q(z) = w_{e,E}$	=	0,14 kN/m²

Aus diesen Beiwerten wird in Abhängigkeit von der in Maske 1.2 *Geometrie* definierten Gebäudehöhe die Windbelastung auf den Verband berechnet. Das Programm nimmt vereinfachend die Hälfte der Höhe an der Traufe sowie die Hälfte der Höhe am First zur Lasteinzugsfläche an.

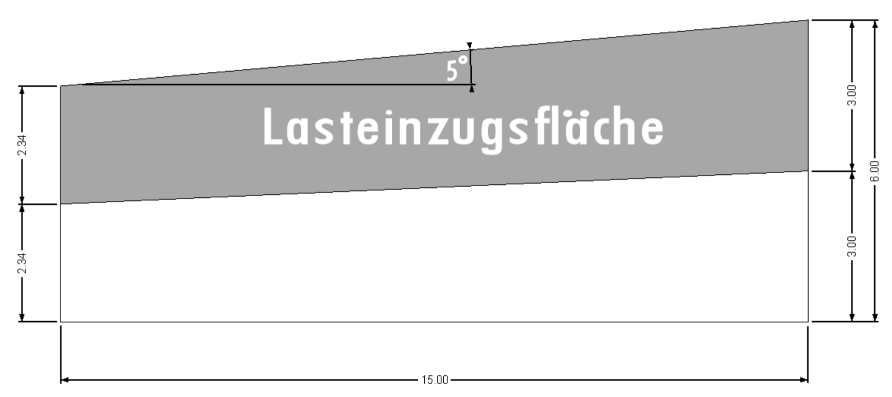


Bild 15.27: Schema Lasteinzugsfläche

Für genauere Lastannahmen wie etwa bei einem Stahlbetonringanker, bei dem nur die halbe Lasteinzugsfläche zu berücksichtigen wäre, ist auch eine manuelle Eingabe möglich.



Die Lastordinaten für den Winddruckbereich (LF 155) ergeben sich damit zu:

$$p_1 = w_{e,D} \cdot \frac{H}{2} \cdot \cos\alpha = 0{,}34\,kN/m^2 \cdot (3 \cdot \cos 5°) = 1{,}02\ kN/m$$

Die Abweichung von 0,03 kN/m ergibt sich durch die Rundungen für die Handrechnung.

Die Lastordinate der Traufe ergibt sich bei einer Traufhöhe von 5,33 m analog zu:

$$p_2 = w_{e,E} \cdot \frac{H}{2} \cdot \cos\alpha = 0{,}34\,kN/m^2 \cdot (2{,}65 \cdot \cos 5°) = 0{,}89\ kN/m$$

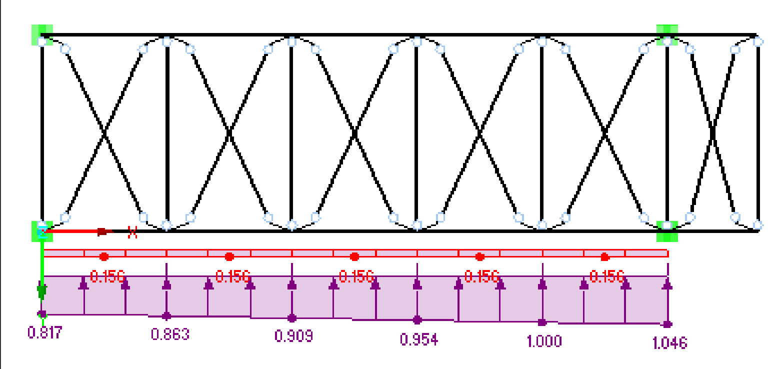


Bild 15.28: Last Winddruck Verband 1

Die Lastordinaten für den Windsogbereich (LF 56) ergeben sich zu:

$$p_1 = w_{e,D} \cdot \frac{H}{2} \cdot \cos\alpha = 0{,}14\,kN/m^2 \cdot (3 \cdot \cos 5°) = 0{,}42\ kN/m$$

Die Lastordinate der Traufe ergibt sich mit der Höhe der Traufe von 5,33 m analog zu:

$$p_2 = w_{e,E} \cdot \frac{H}{2} \cdot \cos\alpha = 0{,}14\,kN/m^2 \cdot (2{,}65 \cdot \cos 5°) = 0{,}37\ kN/m$$

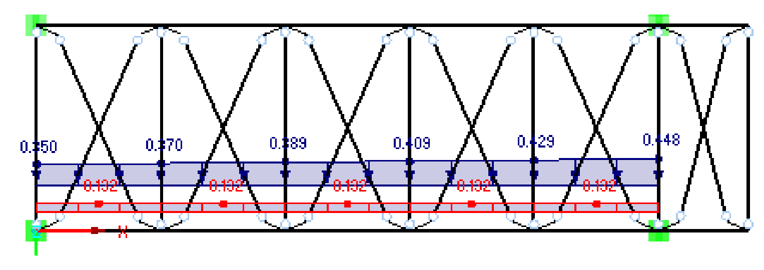


Bild 15.29: Last Windsog Verband 2

Die erforderliche Ersatzlast kann nach Gl. (9.37) der DIN EN 1995-1-1 berechnet werden:

$$q_d = k_l \cdot \frac{n \cdot N_d}{30 \cdot l}$$

Die Werte können alternativ aus Maske 2.4 *Lagerkräfte* des Programms *RX-HOLZ BSH* über die Zwischenablage (Strg + c und Strg + v) in Maske 1.7 eingefügt werden.

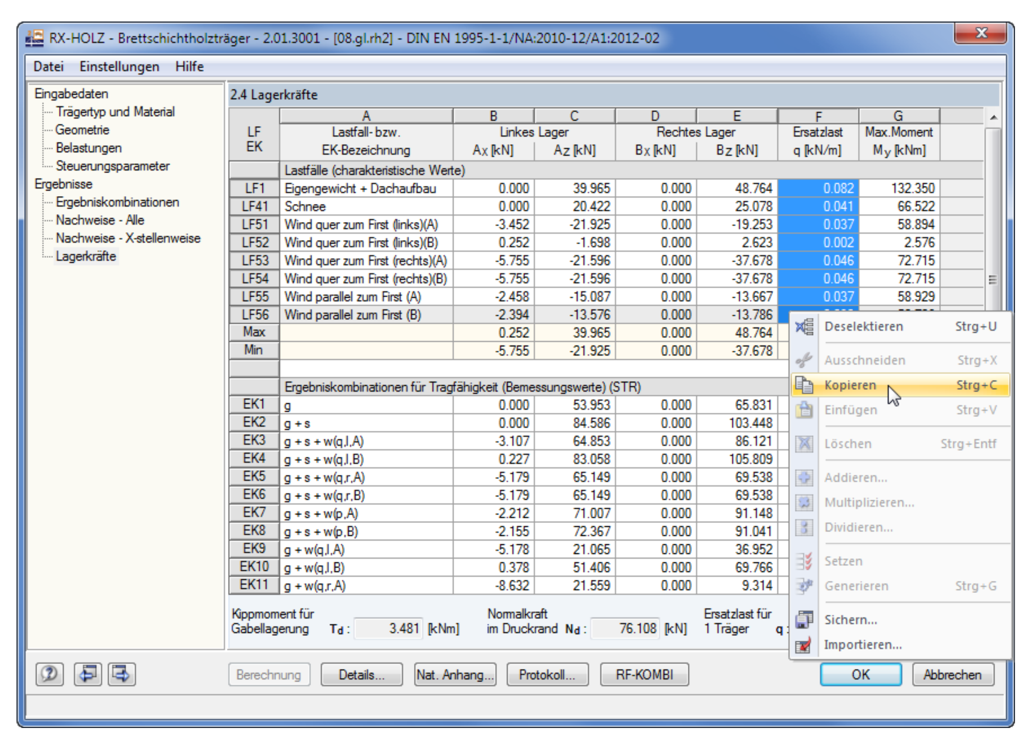


Bild 15.30: Maske 2.4 *Lagerkräfte* im Programm RX-HOLZ BSH kopieren

Generierte Lasten anzeigen...
bzw.
Zusätzliche Lasten definieren...

Mit der Schaltfläche [Generierte Lasten anzeigen] wechseln wir in den Dialog *Lastfälle*, um die generierten Lasten zu betrachten.

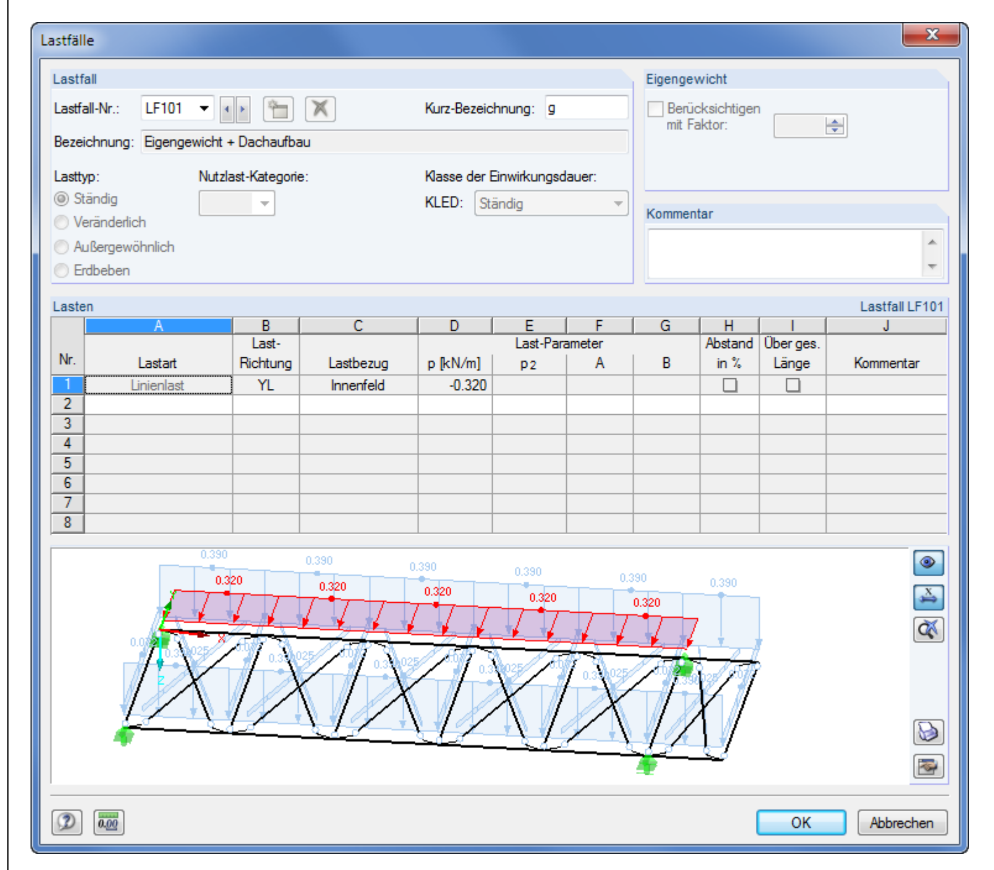


Bild 15.31: Dialog *Lastfälle*

Wie bei allen Programmen der RX-HOLZ-Familie lassen sich die Lasten hier frei definieren.



15.2.8 Steuerungsparameter

In Maske 1.8 *Steuerungsparameter* legen wir fest, dass nur die **Tragfähigkeit** untersucht werden soll. Dieser Nachweis ist meist ausreichend, da das Programm auch die Begrenzung der Durchbiegung auf u < l/500 nach Absatz 9.2.5 der DIN EN 1995 untersucht.

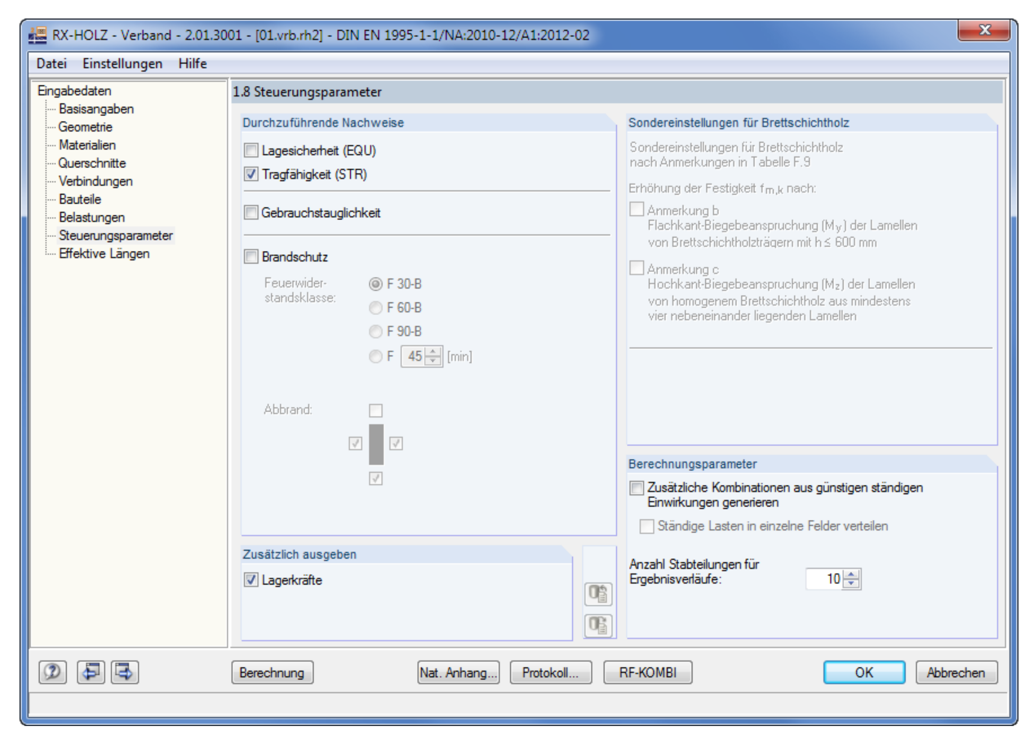


Bild 15.32: Maske 1.8 *Steuerungsparameter*



Die Schaltfläche [Nat. Anhang] ruft den Dialog *Parameter des Nationalen Anhangs* auf (siehe Bild 15.5, Seite 165). Dort können die Teilsicherheits- und Modifikationsbeiwerte sowie die Grenzverformungen festgelegt werden.



Bei der Ermittlung der Steifigkeiten führt RX-HOLZ eine doppelte Berechnung der Schnittgrößen und Verformungen durch:

Gemäß Absatz 2.2 der EN 1995-1-1 bzw. Absatz 8.2 der DIN 1052 muss in der Bemessung der Tragfähigkeit mit der mittleren Steifigkeit gerechnet werden, die durch den Teilsicherheitsbeiwert zu dividieren ist. Im Nachweis der Gebrauchstauglichkeit jedoch sind die charakteristischen mittleren Steifigkeiten anzusetzen.

Die Kombinatorik zum Gebrauchstauglichkeitsnachweis ist im Programm *Verband* relativ pauschal mit der seltenen charakteristischen Kombination nach EN 1991 bzw. DIN 1055 gelöst. Gleichung (22) gemäß DIN 1055-100 lautet:

$$E_{d,\,rare} = E\left\{\sum_{j\,\geq 1} G_{k,\,1} \oplus P_k \oplus Q_{k,\,1} \oplus \sum_{i\,>\,1} \psi_{0,\,i} \cdot Q_{k,\,i}\right\}$$

Gleichung 15.1: Kombinationsregel nach DIN 1055-100 für seltene (charakteristische) Kombination

Eine Besonderheit liegt noch bei den Verschiebungsmoduln K_{ser} der Gelenksteifigkeiten vor: Diese müssen im Nachweis der Tragfähigkeit ebenfalls durch den Teilsicherheitsbeiwert von 1,3 geteilt werden. Beim Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird mit der charakteristischen Verschiebung von K_{ser} gerechnet.

RX-HOLZ führt die Berechnung in einer doppelten Berechnungsschleife: Im ersten Rechenlauf werden die Schnittgrößen und Verformungen auf Designebene im Nachweis der Tragfähigkeit ermittelt; im zweiten Rechenlauf überschreibt das Programm diese Steifigkeit der Materialien und Endgelenke und errechnet die Verformungen mit den charakteristischen Steifigkeiten.



15.2.9 Effektive Längen

Für das Beispiel nehmen wir den Faktor β auf der sicheren Seite liegend mit **1,0** an. Die Werte werden vom Programm automatisch voreingestellt, sodass in dieser Maske keine Änderungen erforderlich sind.

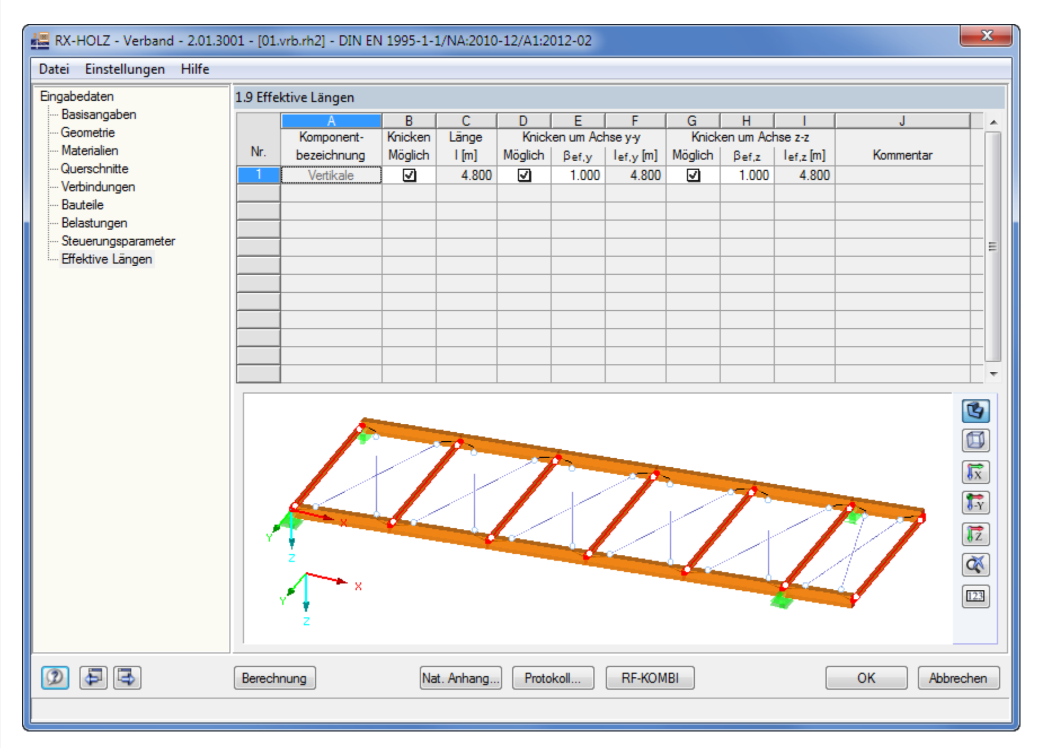


Bild 15.33: Maske 1.9 *Effektive Längen*

15.2.10 RF-KOMBI

RF-KOMBI

Über die Schaltfläche [RF-KOMBI] ist das in RX-HOLZ integrierte Modul RF-KOMBI zugänglich. Dort können die Kombinationen eingesehen werden, die im Hintergrund generiert werden.

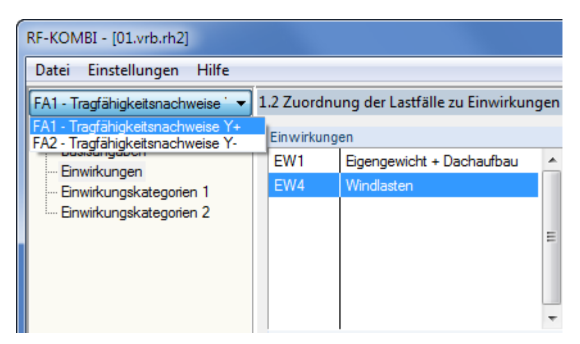


Bild 15.34: RF-KOMBI Maske 1.2: *Zuordnung der Lastfälle zu Einwirkungen*

In der Liste der angelegten Fälle (links oben) sind zwei Fälle für den Nachweis der Tragfähigkeit vorhanden: Wie bereits im Kapitel 15.1 erwähnt, können Stäbe bei einer bestimmten Lastkonstellation ausfallen. Um alle Eventualitäten zu berücksichtigen, werden alle Lasten noch einmal in umgekehrter Richtung angesetzt und automatisch kombiniert.

Die Möglichkeiten von RF-KOMBI sind im Handbuch zu diesem Modul ausführlich beschrieben, das auf www.dlubal.de zum Download bereitliegt. Mit [OK] erfolgt die Rückkehr in das Programm *Verband*.



15.3 Ergebnisse

15.3.1 Ergebniskombinationen / Lastkombinationen

Berechnung

Nach der [Berechnung] können in Maske 2.1 die Tragfähigkeitsnachweise für sämtliche Kombinationen mit den zugehörigen Auslastungen betrachtet werden. Wie bereits erwähnt, erzeugt RX-HOLZ bei einer materiellen Nichtlinearität (d. h. ausfallende Zugstäbe) automatisch Lastkombinationen. In diesem Fall wird die Maske 2.1 in *Lastkombinationen* umbenannt.

Lastkombination *LK*	Eine Lastkombination überlagert Lastfälle, indem die **Belastungen** der enthaltenen Lastfälle zusammengefasst werden.
Ergebniskombination *EK*	In einer Ergebniskombination werden die **Ergebnisse** der enthaltenen Lastfälle überlagert. Daher liegen immer zwei Ergebniswerte pro Stelle vor: Maximum und Minimum. Es ist möglich, mit einer *Oder*-Kombination die extremen Schnittgrößen und Verformungen aus verschiedenen Lastfällen, Last- oder Ergebniskombinationen zu ermitteln.

Tabelle 15.1: Unterschied zwischen Last- und Ergebniskombination

Bei einer linearen Berechnung spielt es keine Rolle, welche Überlagerungsart gewählt wird. Für eine nichtlineare Berechnung liefert aber nur die Lastkombination sinnvolle Ergebnisse!

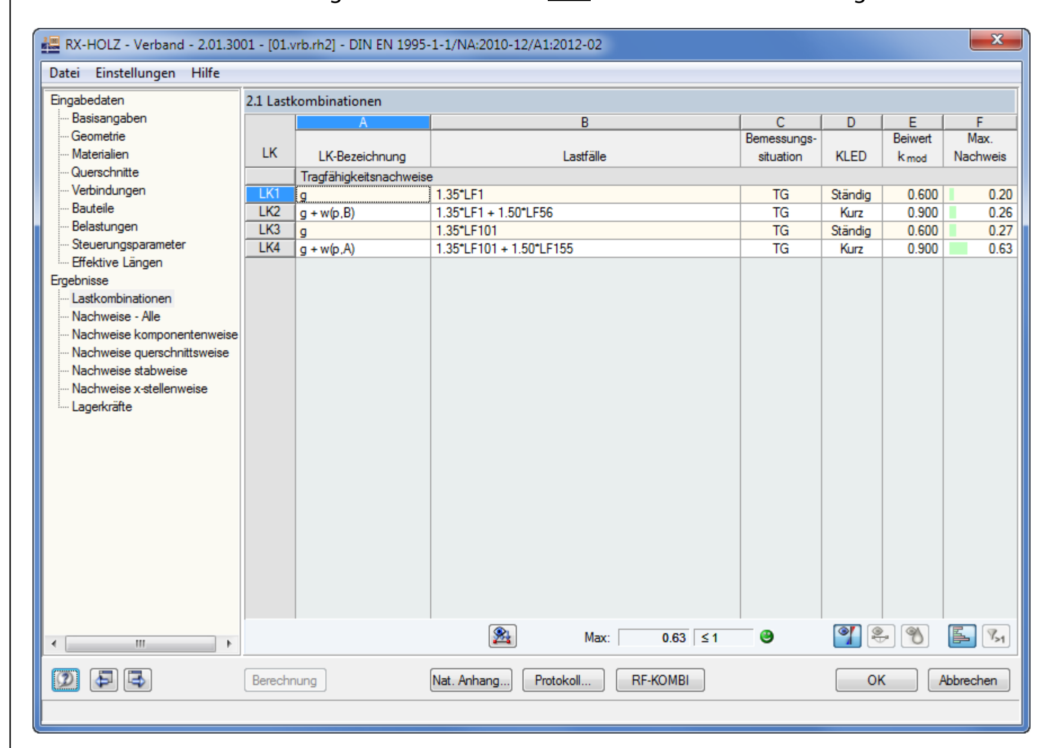


Bild 15.35: Maske 2.1 *Lastkombinationen*



15.3.2 Nachweise - Alle

Maske 2.2 *Nachweise - Alle* gibt einen Überblick über die maßgebenden Nachweise für jede Nachweissituation. So sind überlastete Bereiche sofort erkennbar.

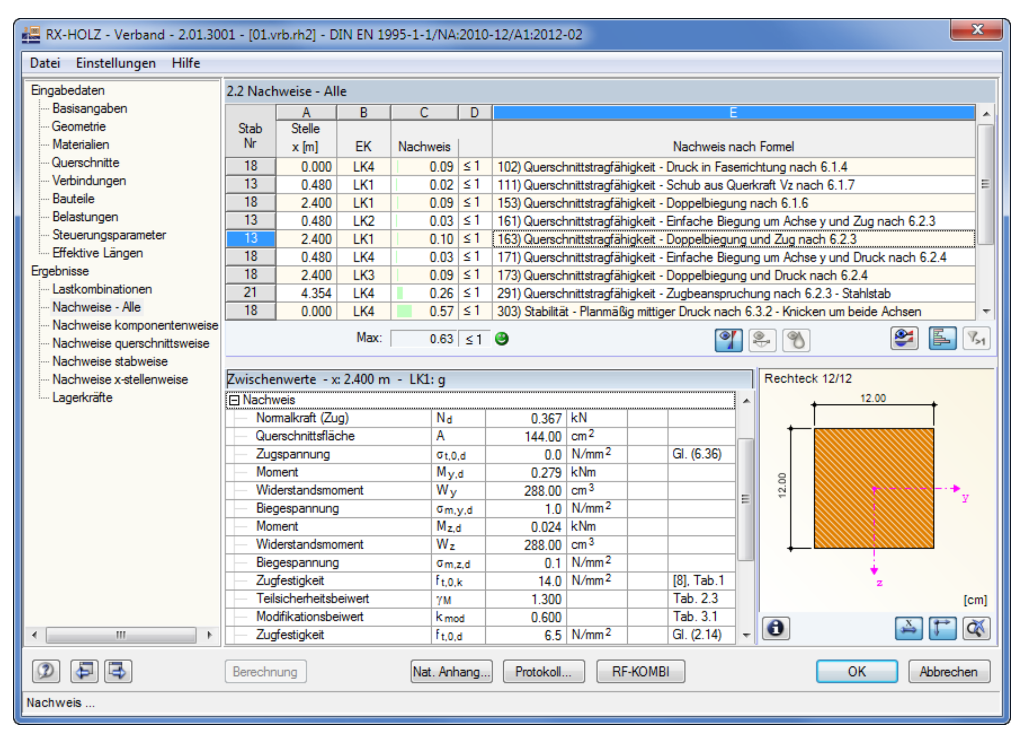


Bild 15.36: Maske 2.2 *Nachweise - Alle*



Zur Auswertung der Ergebnisse stehen verschiedene Möglichkeiten an Filtern und Ergebnisverläufen zur Verfügung (siehe Kapitel 7).

Beim *Ergebnisverläufe*-Diagramm besteht eine Besonderheit: Da *RX-HOLZ Verband* sehr viele Stäben benutzt, ist es nicht möglich, sie alle im Ergebnisverlauf darzustellen. Die Ergebnisverläufe zeigen daher nur die Ergebnisse des Stabes an, der in der aktuellen Maske selektiert ist. Wenn sich also wie im obigen Bild gezeigt der Cursor in der Zeile des Stabes 13 befindet und dann die Ergebnisverläufe aufgerufen werden, werden nur die Schnittgrößen und Nachweise für Stab 13 angezeigt.

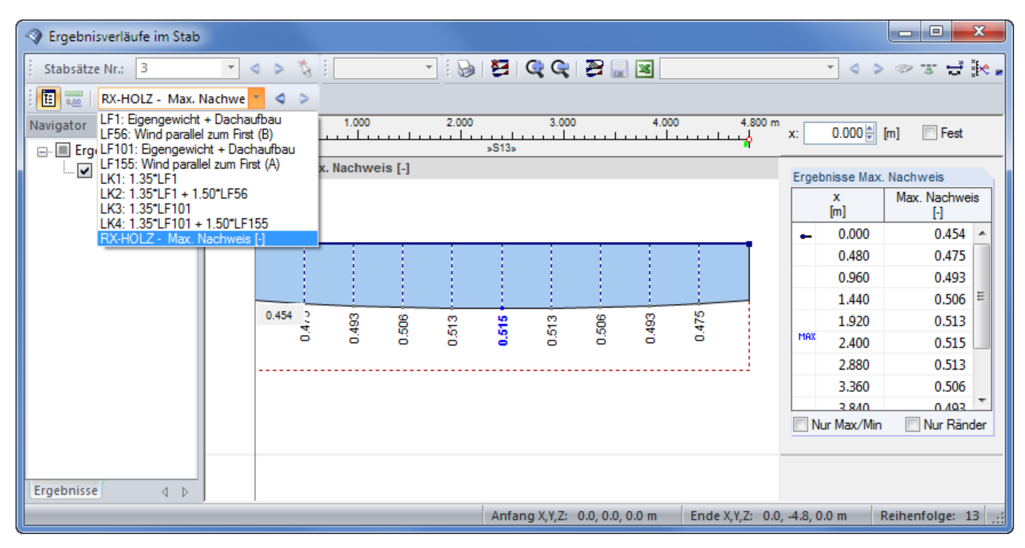


Bild 15.37: Ergebnisverläufe am Stab 13



15.3.3 Nachweise komponentenweise

Maske 2.3 *Nachweise komponentenweise* gibt die maßgebenden Nachweise der Komponenten *Vorderer Gurt*, *Hinterer Gurt*, *Vertikalen* und *Diagonalen* eines jeden Feldes aus.

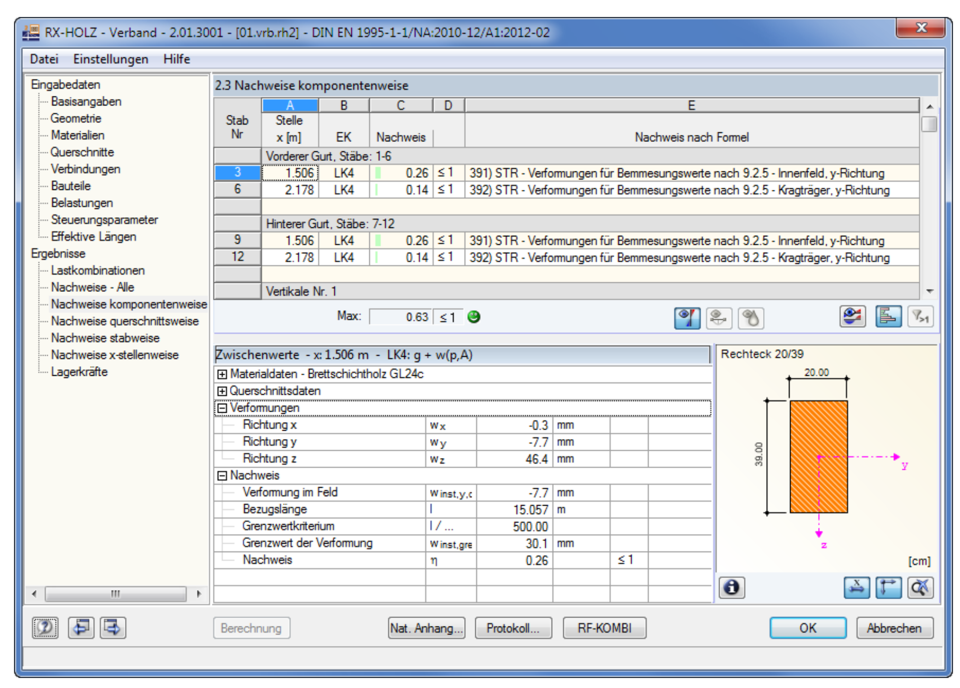


Bild 15.38: Maske 2.3 *Nachweise komponentenweise*

15.3.4 Nachweise querschnittsweise

In Maske 2.4 *Nachweise querschnittsweise* werden die Nachweise nach Querschnitten geordnet ausgegeben.

Wenn in Maske 1.6 *Bauteile* keine individuellen Einstellungen vorgenommen wurden, stellt diese Maske die übersichtlichste und hilfreichste Tabelle dar. Hier werden die Ergebnisse in unserem Beispiel getrennt für Gurt, Vertikale und Diagonale aufgelistet.

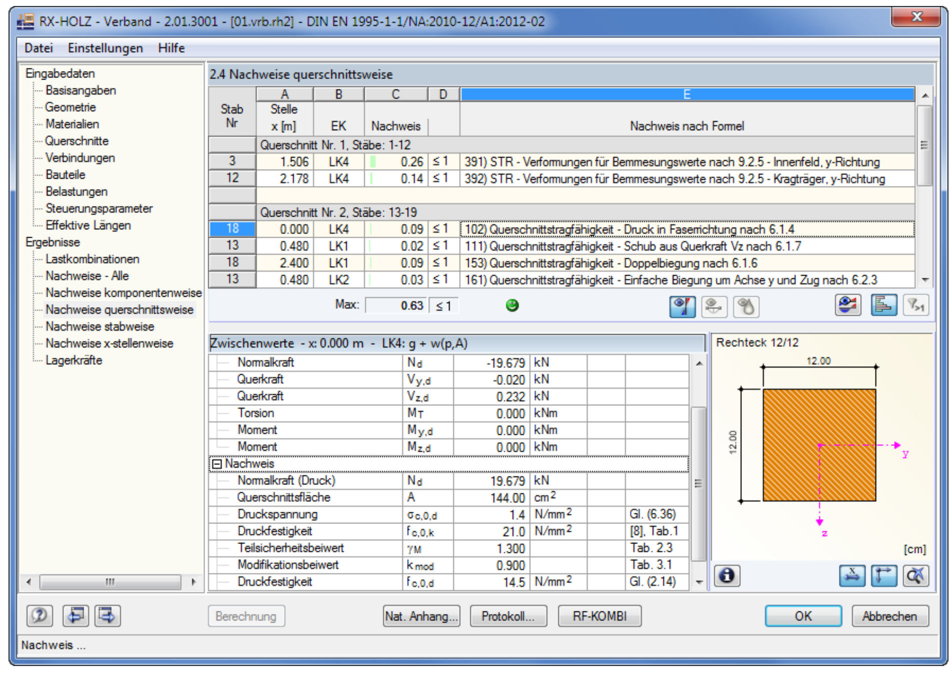


Bild 15.39: Maske 2.4 *Nachweise querschnittsweise*



15.3.5 Nachweise x-stellenweise

Die Anzahl der x-Stellen, die in Maske 1.8 *Steuerungsparameter* vorgegeben wurde, wirkt sich auch auf den Umfang der Maske 2.6 *Nachweise x-stellenweise* aus.

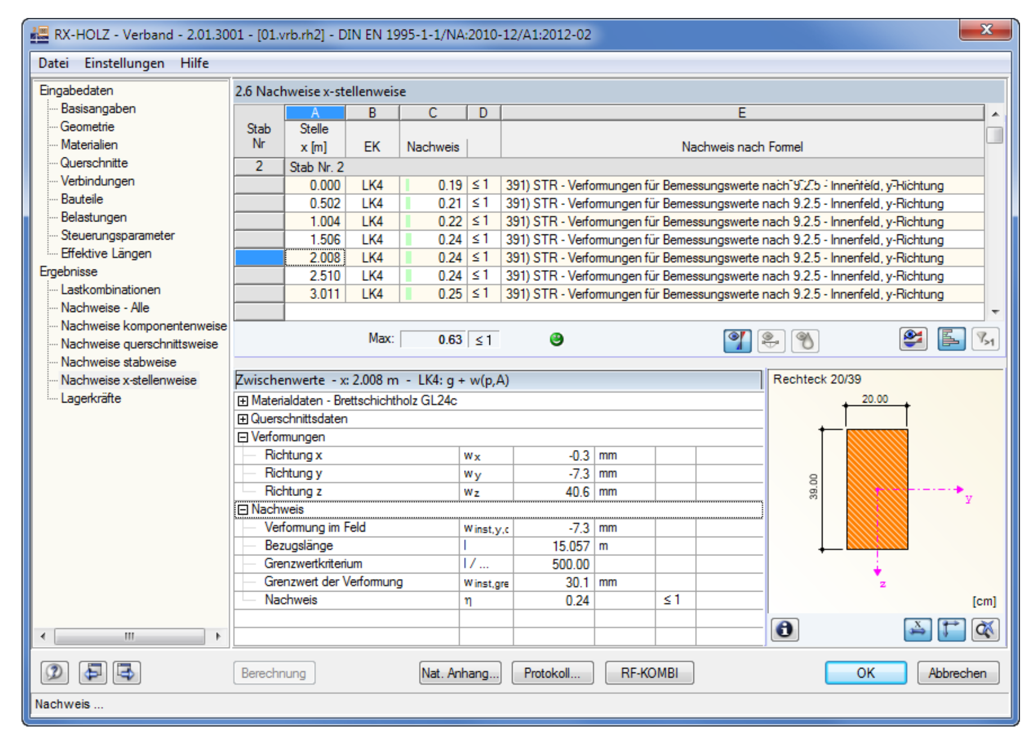


Bild 15.40: Maske 2.6 *Nachweise x-stellenweise*

Die Spannungs- und Stabilitätsnachweise sind bereits in den anderen Beispielen vorgestellt. Wir betrachten daher die interessantesten Nachweise des Verbandes genauer wie z. B. den Nachweis der Durchbiegung beim Tragfähigkeitsnachweis.

Nachweis der Verformung nach DIN 1052 Absatz 8.4.3(9)

„Falls kein genauerer Nachweis erfolgt, darf die rechnerische Ausbiegung aus q_d und anderen äußeren Einwirkungen l/500 nicht überschreiten."

Die **Steifigkeiten** werden hier programmseits auf Sicherheitsniveau angesetzt.

Steifigkeitskennwerte	**Kennwerte für Tragfähigkeit**	**Mittelwerte**
E-Modul	$E = \frac{E_{mean}}{\gamma_M}$	E_{mean}
Schubmodul	$G = \frac{G_{mean}}{\gamma_M}$	G_{mean}
Verschiebungsmodul	$K_{u,mean} = \frac{K_{u,mean}}{\gamma_M}$	$K_{u,mean} = \frac{2}{3} \cdot K_{ser}$

Die Mittelwerte der Steifigkeit sind dem Anhang F der DIN 1052 bzw. der EN 388 oder EN 1194 zu entnehmen.



Für unser Beispiel ergeben sich die Steifigkeitskennwerte für Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Brandschutz der jeweiligen Komponenten wie in folgender Tabelle dargestellt. Die Steifigkeitskennwerte des Brandschutzes sind dabei mit denen für eine außergewöhnliche Kombination gleichzusetzen.

Bauteil	Material	Tragfähigkeit	Gebrauchstauglichkeit	Brandschutz
Gurt	GL24c	$E = \frac{1160}{1,3} = 892\,kN/cm^2$	$E_{mean} = 1160\ kN/cm^2$	E_{mean}
		$G = \frac{590}{1,3} = 454\,kN/cm^2$	$G_{mean} = 590\ kN/cm^2$	G_{mean}
Vertikalen	C24	$E = \frac{1100}{1,3} = 846\,kN/cm^2$	$E_{mean} = 1100\ kN/cm^2$	E_{mean}
		$G = \frac{690}{1,3} = 531\,kN/cm^2$	$G_{mean} = 690\ kN/cm^2$	G_{mean}
Diagonalen	S235	$E = \frac{21000}{1,1} = 19091\,kN/cm^2$	$E = 21000\ kN/cm^2$	-
		$G = \frac{8100}{1,1} = 7364\,kN/cm^2$	$G = 8100\ kN/cm^2$	-
Verbindung	-	$K_{u,mean} = \frac{K_{u,mean}}{\gamma_M}$	K_{ser}	$K_{u,mean}$

In der maßgebenden Lastkombination LK4 mit den Einwirkungen 1,35 · LF101 + 1,5 · LF155 liegen folgende Belastungen, Schnittgrößen und Verformungen vor.

Belastung

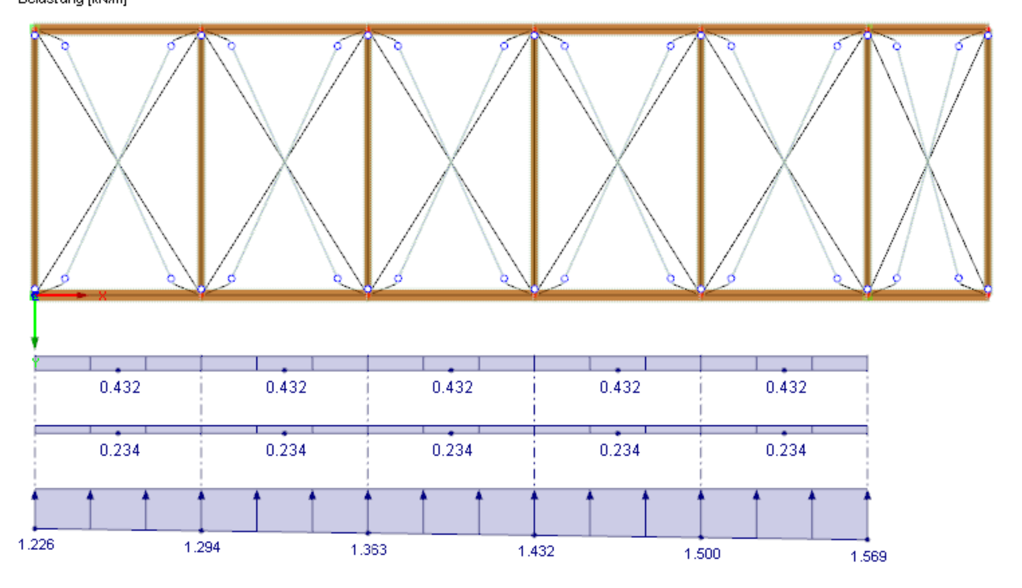


Bild 15.41: Belastung



Verformung

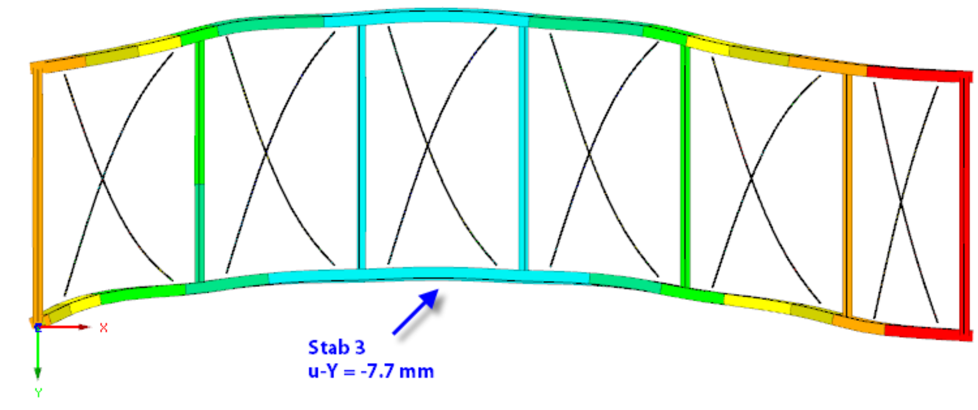


Bild 15.42: Verformungen u_Y

Schnittgrößen

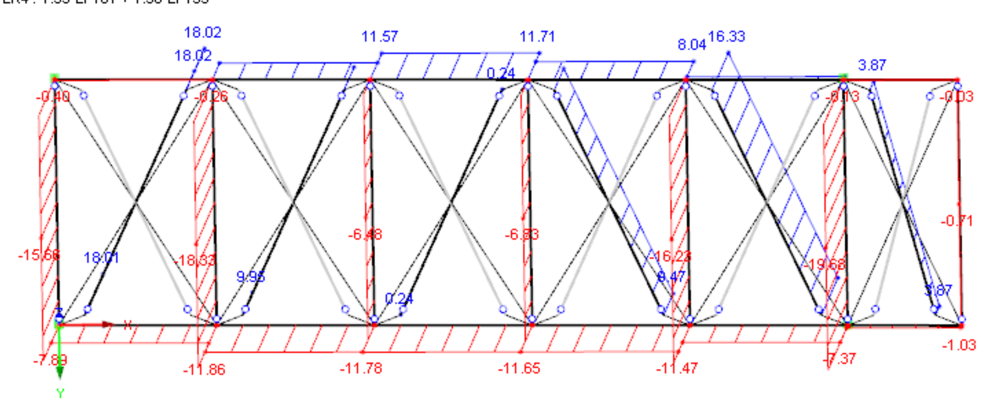


Bild 15.43: Normalkräfte N

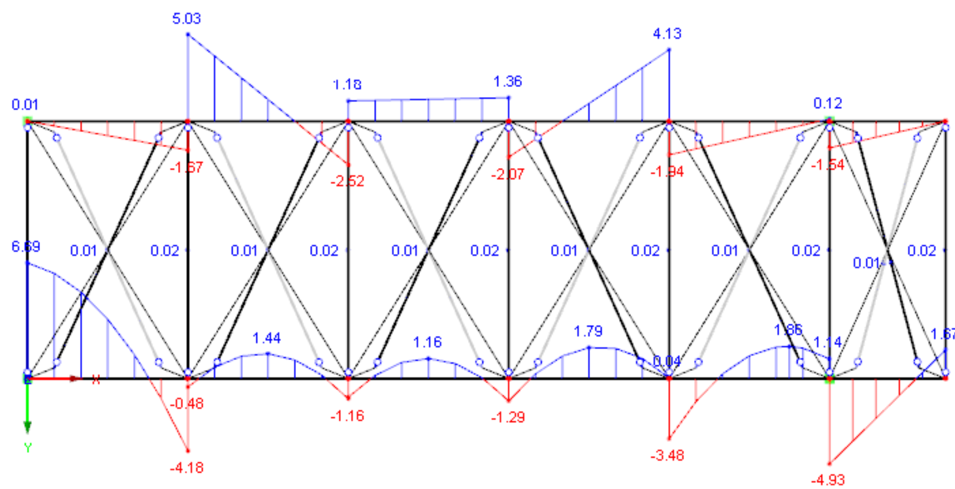


Bild 15.44: Momente M_Z



Verformungsberechnung

Die Verformung im Untergurt-Stab 3 in Y-Richtung wird vom Programm zu 7,7 mm berechnet. Die Verformung der Zugdiagonalen ist natürlich größer, aber für die Gesamtverformung irrelevant. Damit ergibt sich folgender Nachweisquotient:

Verformung = w_{inst} = -7,7 mm

Grenzwert = $w_{inst,grenz}$ = l/500 = 15,06 m / 500 = 30,1 mm

Nachweis

$w_{inst} / w_{inst,grenz}$ = 7,7 mm / 30,1 mm = 0,26 => 26 % Ausnutzung

Der Träger ist damit für die Verformungsberechnung ausreichend steif.

Bemessung der Zugstäbe

Wie im Bild 15.43 zu erkennen ist, fallen bei dieser Belastung mehrere Diagonalen aus und liefern somit keine Schnittgrößen.

Die maximale Zugkraft tritt am Diagonalenstab 21 (linkes Feld) mit der Kraft von 18,02 kN auf.

Zugspannung N / A = 18,02 kN / 3,14 cm² = 5,74 kN/cm²

Nachweis

$$\frac{\sigma_{N,t}}{f_{y,d}} = \frac{5{,}74\,kN/cm^2}{\frac{24\,kN/cm^2}{\gamma_M}} = \frac{5{,}74\,kN/cm^2}{\frac{24\,kN/cm^2}{1{,}1}} = 0{,}26 < 1$$

Der Stab ist somit zu 26 % ausgelastet.

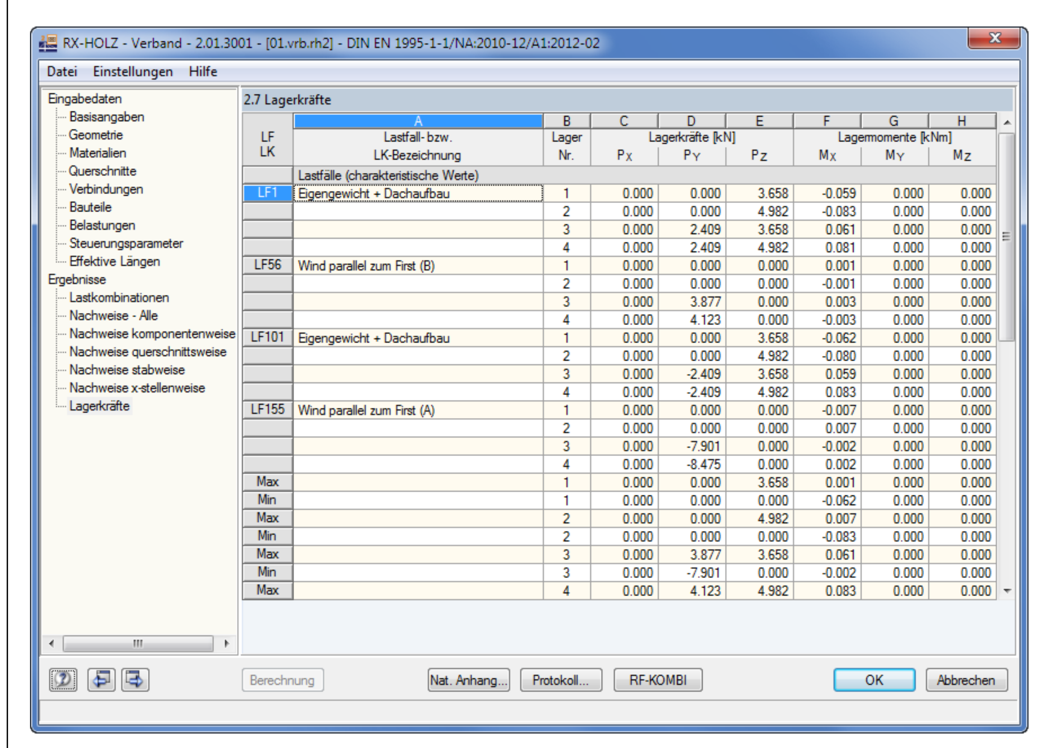
Eine Bemessung des Gurtes findet nicht statt, da dieser bereits im Programm *BSH* nachgewiesen wurde. Es ist jedoch erforderlich, die Normalkräfte des Verbandes in einer erneuten Berechnung in *BSH* zu berücksichtigen.



15.3.6 Lagerkräfte

Maske 2.7 *Lagerkräfte* stellt die letzte Maske der Ergebnisse dar. Die Lagerkräfte werden hier für alle vier Lager des Verbandes ausgegeben.

Zusätzlich wird eine Max/Min-Auswertung der Kräfte durchgeführt. Damit lassen sich die weiterzuleitenden Kräfte schnell ermitteln.



LF LK	Lastfall- bzw. LK-Bezeichnung	Lager Nr.	Lagerkräfte [kN] Px	Py	Pz	Lagermomente [kNm] Mx	My	Mz
	Lastfälle (charakteristische Werte)							
LF1	Eigengewicht + Dachaufbau	1	0.000	0.000	3.658	-0.059	0.000	0.000
		2	0.000	0.000	4.982	-0.083	0.000	0.000
		3	0.000	2.409	3.658	0.061	0.000	0.000
		4	0.000	2.409	4.982	0.081	0.000	0.000
LF56	Wind parallel zum First (B)	1	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
		2	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
		3	0.000	3.877	0.000	0.003	0.000	0.000
		4	0.000	4.123	0.000	-0.003	0.000	0.000
LF101	Eigengewicht + Dachaufbau	1	0.000	0.000	3.658	-0.062	0.000	0.000
		2	0.000	0.000	4.982	-0.080	0.000	0.000
		3	0.000	-2.409	3.658	0.059	0.000	0.000
		4	0.000	-2.409	4.982	0.083	0.000	0.000
LF155	Wind parallel zum First (A)	1	0.000	0.000	0.000	-0.007	0.000	0.000
		2	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000
		3	0.000	-7.901	0.000	-0.002	0.000	0.000
		4	0.000	-8.475	0.000	0.002	0.000	0.000
Max		1	0.000	0.000	3.658	0.001	0.000	0.000
Min		1	0.000	0.000	0.000	-0.062	0.000	0.000
Max		2	0.000	0.000	4.982	0.007	0.000	0.000
Min		2	0.000	0.000	0.000	-0.083	0.000	0.000
Max		3	0.000	3.877	3.658	0.061	0.000	0.000
Min		3	0.000	-7.901	0.000	-0.002	0.000	0.000
Max		4	0.000	4.123	4.982	0.083	0.000	0.000

Bild 15.45: Maske 2.7 *Lagerkräfte*

15.3.7 Ausdruckprotokoll

Die Dokumentation im Ausdruckprotokoll deckt sich weitgehend mit der der Beispiele, die in den Kapiteln 10 und 11 vorgestellt wurden.



A: Literatur

[1] DIN 1052:2008-12 Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken

[2] DIN 1055-100 Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln

[3] DIN 1055-3 Einwirkungen auf Tragwerke – Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten

[4] DIN 1055-4 Einwirkungen auf Tragwerke – Windlasten

[5] DIN 1055-5 Einwirkungen auf Tragwerke – Schnee- und Eislasten

[6] DIN 4102-22 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen – Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten

[7] EN 1995-1-1: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
Teil 1-1: Allgemeines – Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau
Deutsche Fassung EN 1995-1-1:2004 + AC:2006 + A1:2008

[8] EN 1995-1-2: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten
Teil 1-2: Allgemeines – Tragwerksbemessung für den Brandfall
Deutsche Fassung EN 1995-1-2:2004 + AC:2009

[9] EN 1990 Grundlagen der Tragwerksplanung
Deutsche Fassung EN 1990:2002

[10] EN 1991-1-3: Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen – Schneelasten
Deutsche Fassung EN 1991-1-3:2003 + AC:2009

[11] EN 1991-1-4: Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten
Deutsche Fassung EN 1991-1-4:2005 + A1:2010 + AC:2010

[12] Schneider K.J.: Bautabellen für Ingenieure 16. Auflage, Werner Verlag (2007)

[13] Blaß, H.J.; Ehlbeck J.; Kreuzinger H.; Steck G.: Erläuterungen zu DIN 1052:2004-08; Informationsdienst Holz (März 2005)



B: Index




Dlubal